und das nur unsicher abgegrenzte *O. orthoceropsis* mit den Adnether und mit den Hierlatzschichten gemeinschaftlich, eine Art der *A. mimatensis* d'Orb. fand sich in den Kössener und Adnether Schichten, und eine der *A. abnormis* Hau. in den Kössener und in den Hierlatzschichten.

Fünf von den erwähnten 12 Arten der Kössener Schichten finden sich auch im nordeuropäischen Lias: drei derselben *A. bisulcatus* Brug., *A. kridion* Hehl und *A. Moreanus* d'Orb. gehören daselbst der tiefsten Liasetage dem *Terrain Sinemurien* d'Orbigny's oder der Etage $\alpha$ nach Quenstedt an, *A. obliquecostatus* wird von Quenstedt im Lias $\delta$ und *A. mimatensis* von d'Orbigny im obersten Lias oder dem *Terrain toarcien* angegeben.

Die Adnether Schichten enthalten 45 Arten, von denen 8 bereits auch in den Hierlatzschichten bekannt geworden sind. Nahe die Hälfte dieser Arten, nämlich 23, finden sich auch im nordeuropäischen Lias, davon 4 nur im Sinemurien oder tiefsten Lias, 9 im Liasien oder mittleren Lias, und 6 in Toarcien oder obersten Lias; eine der *Naut. intermedius* scheint durch alle Liasetagen durchzugehen, zwei der *Am. tatricus* und *A. Zignodianus* greifen selbst in den Jura über; von *Naut. Gravesianus* d'Orb. sind Lagerstätte und Fundort unbekannt.

Die Hierlatz-Schichten endlich beherbergen 19 Arten. Von diesen kennt man nur 5 im nordeuropäischen Lias, alle gehören daselbst der mittleren Gruppe dem *Terrain liasien* an.

Keine der Cephalopodenarten der alpinen Triasformation, namentlich der an Geschöpfen dieser Classe so reichen Hallstätter Schichten konnte bisher in dem Lias unserer nordöstlichen Alpen mit Sicherheit nachgewiesen werden; zwar wurden bisher keine genügenden Merkmale aufgefunden um die von Savi und Meneghini als *Belemnites orthoceropsis* bezeichnete Orthocerenart die weit verbreitet im Lias der Alpen, Appenninen und Karpathen vorkömmt, von dem *O. alveolare* Quenst. aus den Hallstätter Schichten zu unterscheiden, doch liegen von ersterer Art bisher nur unvollständige Steinkerne vor, die eine genauere Vergleichung nicht gestatten. Ganz ähnliche Orthoceren mit randlichem Sipho wurden übrigens selbst auch im Jura der Alpen aufgefunden.

Was die dem südeuropäischen Schichtensysteme bisher eigenthümlichen Cephalopodenarten des Lias betrifft, so haben sie beinahe durchgängig den Typus der gewöhnlichen Lias-Cephalopoden, und

stehen zum Theil schon früher bekannten Arten sehr nahe, Die grosse Mehrzahl der Ammoniten schliessen sich genau den Familien der Arieten, der Falciferen, der Capricornier, der Fimbriaten und der Heterophyllen an, also jenen Familien die auch ausser den Alpen besonders bezeichnend für die Liasformation sind; sie contrastiren in dieser Beziehung ungemein auffallend mit den Cephalopoden der zunächst unter ihnen folgenden Triasgebilde, die grossentheils ganz eigenthümlichen Familien angehörig, nicht einmal durch analoge Formen ausser den Alpen vertreten sind.

Schliesslich sei es erlaubt zu bemerken, dass die hier in Kürze angedeuteten Hauptergebnisse der Untersuchung der Lias-Cephalopoden der nordöstlichen Alpen im Allgemeinen sehr gut mit jenen übereinstimmen, welche die erst theilweise veröffentlichten ungemein genauen Untersuchungen des Herrn E. Suess in Betreff der Brachiopoden [1]) und des Herrn Dr. M. Hörnes in Betreff der Gasteropoden und Acephalen ergaben.

---

[1]) Vergleiche dessen Brachiopoden der Kössener Schichten. Denkschriften d. kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Bd. VII.

# Die Accommodationsfehler des Auges.

Von Dr. Karl Stellwag von Carion.

(Mit II Tafeln.)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 12. April 1855.)

Die Accommodationsfehler des Auges haben trotz der überaus grossen und sich stätig steigernden Häufigkeit ihres Vorkommens bisher noch nicht jene Beachtung gefunden, welche sie ihrer hohen Wichtigkeit wegen verdienen. Es fehlt noch an einer Bearbeitung derselben, welche auch nur einigermassen genügend genannt werden könnte. Das Schwankende in den herrschenden Ansichten über den Accommodationsvorgang bot einen zu unsicheren Boden für physicalische Erörterungen seiner Abweichungen von der Norm und alle gemachten diesfälligen Versuche scheiterten an der Unmöglichkeit, die auf theoretischem Wege gewonnenen Resultate mit den Ergebnissen der täglichen Erfahrung in Einklang zu bringen und umgekehrt.

Erst neuester Zeit ist für derartige Untersuchungen die Bahn gebrochen worden durch Cramer's glänzende Entdeckung (*Het accommodatievermogen der oogen* etc. Haarlem 1853), welche Helmholtz (Monatsbericht der k. preuss. Akademie der Wissenschaften 1853, Februar) durch selbstständige Untersuchungen bestätiget und erweitert hat. Durch diese Entdeckung ist der Accommodationsvorgang zu einem Gegenstande unmittelbarer Beobachtung gemacht und Einsicht in die wirkenden Factoren eröffnet worden. Es dient dieselbe meinen Erörterungen zur Grundlage.

Die Schwierigkeiten, welche sich einer naturwissenschaftlichen Discussion der Accommodationsfehler entgegenstellen, sind indessen noch ausnehmend gross und die grösste derselben liegt wohl in der ungenügenden Kenntniss und in den individuellen Schwankungen jener Werthe, welche als Constanten oder Variable in die dioptrischen Verhältnisse des Auges eingehen. Ich habe die anerkannt besten Quellen in dieser Beziehung benützt und aus der Vergleichung derselben Mittelwerthe zu erlangen gesucht, welche sich dem wahren Mittelwerthe möglichst nähern dürften. Als solche Mittelwerthe habe ich folgende gefunden und lege sie meinen Rechnungen zu Grunde.

| | |
|---|---|
| Der Krümmungsradius der vorderen Hornhautfläche | $3'''456$ |
| „ „ „ hinteren „ | $2'''772$ |
| „ „ „ vorderen Linsenfläche | $3'''071$ |
| „ „ „ hinteren „ | $2'''2$ |
| „ absolute Brechungsexponent der Cornealsubstanz | 1·339 |
| „ „ „ des *Humor aqueus* | 1·337 |
| „ „ „ „ Glaskörpers | 1·339 |
| Die Dicke der Cornea im Centrum | $0'''4$ |
| „ Axe des Krystallkörpers | $2'''0$ |
| „ „ „ Vorderkammerraumes | $0'''8$ |
| Der Abstand der Netzhaut von der Hinterfläche der Linse | $6'''734$ |

Es wurden die Krümmungsradien durch Reduction der von Krause angegebenen Rotationsflächen auf die Kugel gewonnen. Die Brechungsindices habe ich nach Brewster's und Chossat's Messungen bestimmt, indem die neuester Zeit von W. Krause veröffentlichten Werthe noch der Bestätigung ihrer Richtigkeit bedürfen. Die Axen der einzelnen dioptrischen Medien sind ebenfalls nach Krause gewählt und nur die Kammeraxe um $0'''3$ verkleinert, indem das Aufliegen des Pupillarrandes auf der Linsenoberfläche derzeit kaum mehr geleugnet werden kann, unter dieser Voraussetzung aber das Zenith der Vorderkapsel um $0'''2$ vor der Ebene der Pupille gelegen sein muss, indem der Abstand dieser Ebene von der Cornealhinterfläche $1'''$ beträgt.

Es entgeht mir keinesweges das Ungenügende dieser Werthbestimmungen, doch dürften sich ihnen vor der Hand kaum viel bessere substituiren lassen. Übrigens handelt es sich gar nicht um die Berechnung mathematisch genauer Zahlenwerthe, welche letztere in jedem einzelnen Falle ohnehin andere sein müssen wegen den bedeutenden individuellen Schwankungen der einzelnen Factoren. Aufgabe ist es blos, eine Einsicht in die Verhältnisse zu gewinnen, welche auf die Lichtbrechung im Auge Einfluss nehmen und Abweichungen, derselben von der Norm begründen können. Dazu aber genügen jene Werthe vollkommen.

Der genannte Zweck macht durchsichtige und möglichst empfindliche Formeln nothwendig. Ich glaube als solche die Stampfer'schen bezeichnen zu dürfen, und bediene mich derselben um so lieber, als sie mit Zugrundelegung der oben aufgeführten Werthe einerseits zu Resultaten führen, welche den Ergebnissen der Experimente sehr nahe kommen; andererseits aber auch Reductionen in den erforderlichen Berechnungen leicht möglich machen und so der Übersichtlichkeit wesentlich dienen. Die Formeln, welche Listing (R. Wagner's Handwörterbuch der Phys. 4 Bd., S. 504) zu

solchen Zwecken empfohlen hat, stehen sowohl in Bezug auf Manipulationsleichtigkeit, als auch in Betreff der durch sie gewonnenen Resultate den Stampfer'schen weit nach. Die Wichtigkeit, welche man Ersteren neuerer Zeit beigelegt hat, bestimmt mich, näher in sie einzugehen, gleich im Vorhinein bemerkend, dass Listing in der Bestimmung der Radien der Trennungsflächen und in der Distanz der Scheitelpunkte der letzteren etwas gar zu willkürlich vorgegangen und demnach nicht zu nur einigermassen genügenden Resultaten gelangt ist; dass aber eine Substitution annäherungsweise richtiger Werthe in seine Gleichungen noch weiter vom Ziele abführt. Worin der Grund dessen liegt, ist mir unbekannt, aber Thatsache ist es, die Ergebnisse der Listing'schen und der Stampfer'schen Formeln sind bei Zugrundelegung derselben Werthe sehr different.

So zum Beispiele erscheint bei Berechnung der Refraction parallel auffallender Strahlen in der Cornea nach Stampfer's Methode die hintere Brennweite $= 13'''75$, vom Scheitelpunkte der Cornealvorderfläche an gerechnet, während die hintere Brennweite nach Listing $= 14'''1035$ ist, bezogen auf denselben Punkt als Anfangspunkt der Coordinatenaxe. Nimmt man nämlich die Dicke der Cornea in ihrem mittleren Theile $N - N_1 = 0'''4$, den Radius der Vorderfläche $r = 3'''456$, den Radius der hinteren Fläche $r_1 = 2'''772$, den Brechungsexponenten der Luft $n = 1$, den Index der Cornealsubstanz $n_1 = 1\cdot339$ und jenen des Kammerwassers $n_2 = 1\cdot337$, welcher letztere Unterschied eher zu gering, als zu gross ist, und substituirt sie in die Listing'schen Formeln, so ergibt sich

$$u = -\frac{n_1 - n}{r} = -0\cdot098,$$

$$u_1 = -\frac{n_2 - n_1}{r_1} = 0\cdot0007215,$$

$$t = \frac{N_1 - N}{n_1} = 0\cdot02987,$$

$$\begin{aligned}
g &= (ut) &&= ut + 1 &&= +0\cdot99707274,\\
h &= t &&= t &&= +0\cdot02987,\\
k &= (utu_1) &&= utu_1 + u_1 + u &&= -0\cdot0972806,\\
l &= (tu_1) &&= tu_1 + 1 &&= +1\cdot00002155,\\
gl &- hk &&= 0\cdot9999999984.
\end{aligned}$$

Für die Hauptpunkte $E$ und $E_1$ wäre die Stellung auf der optischen Axe:

$$E - N = -0\cdot00022153$$
$$N_1 - E_1 = +0\cdot0402317.$$

Der erste Hauptpunkt läge $0'''00022153$ vor der vorderen Cornealfläche,
„ zweite „ „ $0'''0402317$ „ „ hinteren „

das Interstitium beider $E_1 - E = 0\cdot3597898$.

Für die beiden Brennpunkte $F$ und $F_1$ ergäbe sich die Lage:

$$N - F = +10 \cdot 279$$
$$F_1 - N_1 = + 13 \cdot 70359$$

Der erste Brennpunkt läge $10'''279$ vor der vorderen Cornealfläche,
„ zweite „ „ $13'''70359$ hinter der hinteren „

Die beiden Brennweiten $f$ und $f_1$ wären

$$f = 10'''279$$
$$f_1 = 13'''744$$
$$\frac{f_1}{f} = \frac{n_2}{n} = 1 \cdot 337.$$

Für die beiden Knotenpunkte $D$ und $D_1$ ergäbe sich

$$D - E = D_1 - E_1 = -\frac{n_2 - n}{k} = f_1 - f = 3 \cdot 464.$$
$$D - N = 3 \cdot 464 - 0 \cdot 00022153,$$
$$D_1 - N_1 = 3 \cdot 464 - 0 \cdot 040,$$
$$N_1 - D_1 = - 3 \cdot 464 + 0 \cdot 040 = - 3 \cdot 424.$$

Der erste Knotenpunkt läge nicht ganz $3'''464$ hinter der vorderen Cornealfläche,
„ zweite „ „ $3'''424$ hinter der hinteren Cornealfläche.

Das Interstitium beider $D_1 - D = E_1 - E = 0 \cdot 36$.

Bei der Reduction auf eine einzige brechende Fläche ergibt sich für den mittleren Hauptpunkt die Stellung $0'''154$ hinter dem Scheitelpunkte der vorderen Cornealoberfläche. Hier muss die imaginäre, reducirte Cornealbrechungsfläche die optische Axe schneiden. Als Abstand des mittleren Knotenpunktes von diesem mittleren Hauptpunkte, oder was gleichbedeutend ist, als Radius jener reducirten Brechungsfläche erscheint der Werth $3'''5156$. Als vordere Brennweite $f$ ergibt sich $f = 10 \cdot 433$; als hintere Brennweite $f_1 = 13'''94906$ und als Probe der Richtigkeit

$$\frac{f_1}{f} = \frac{n_2}{n} = 1 \cdot 337.$$

In den Stampfer'schen Formeln erscheint dagegen $r = \frac{1}{3 \cdot 456}$; $r_1 = \frac{1}{2 \cdot 772}$; $N - N_1 = q = 0 \cdot 4$; $\frac{n}{n_1} = m = 0 \cdot 7468$; $\frac{n_1}{n_2} = m_1 = 1 \cdot 002$ und als hintere Vereinigungsweiten $F = \frac{1}{f}$ und $F_1 = \frac{1}{f_1}$ der beiden Trennungsflächen der Hornhaut ergeben sich bei einer Objectsdistanz $D = \frac{1}{d} = \infty$

$$(1 - m)\, r - m\, d = f = 0 \cdot 07325$$
$$(1 - m_1)\, r_1 + \frac{m_1 f}{1 - q f} = 0 \cdot 07492 = \frac{1}{13.35}$$

und

$$13 \cdot 35 + q = 13'''75.$$

Am auffälligsten sind die Differenzen zwischen den Ergebnissen der Stampfer'schen und Listing'schen Rechnungsoperationen, wenn man die Brennweite des gesammten dioptrischen Apparates berechnet.

Zu diesem Zwecke ist es aber vor Allem nothwendig, sich über die Refraction der Lichtstrahlen in dem Krystallkörper einige Einsicht zu verschaffen und namentlich die äuserst schwierige und unter den gegenwärtigen Verhältnissen kaum mit einiger Genauigkeit ausführbare Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen im Innern des Krystalles selbst zu umgehen. Dazu führt nur ein Weg, nämlich der, die Linse als eine homogene Masse zu betrachten und das Brechungsverhältniss zu eruiren, welches die homogen gedachte Linsensubstanz haben müsste, um damit der Krystallkörper, bei unveränderter Axenlänge und unveränderten Krümmungshalbmessern der beiden Oberflächen, parallel auf die Cornea auffallende Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung bringen könnte, wobei natürlich von der chromatischen und sphärischen Aberration ganz abgesehen wird. Dieser Zweck lässt sich mittelst der Stampfer'schen Formeln leicht realisiren.

Es ist die innere optische Axe des Auges $9'''534$ lang. Der Scheitelpunkt der Krystallkörpervorderfläche liegt auf der optischen Axe $0'''8$ von dem Centrum der hinteren Cornealoberfläche entfernt. Die Brennweite der Cornea ist $13'''35$. Die Distanz $D$ des scheinbaren Bildes für die Linsenvorderfläche ist demnach $D = -12'''55$ und der reciproke Werth $-d = 0'''07968$. Der Brechungsexponent des Kammerwassers $n_1 = 1\cdot337$, jener des Krystallkörpers als Ganzes genommen ist $n_2$, der des Glaskörpers $n_3 = 1\cdot339$. Der Radius der vorderen Linsenfläche $R_1 = 3'''071$, der Radius der hinteren Linsenfläche $R_2 = 2'''2$ und die Axenlänge des Krystallkörpers $q = 2'''0$. Wenn nun sehr weit entfernte Objecte auf der Netzhaut noch scharfe und deutliche Bilder erzeugen, so müssen fast parallele, oder parallele auf die Cornea auffallende Strahlen ihre Vereinigung $6'''734$ hinter dem Scheitelpunkte der hinteren Linsenfläche finden, denn dieses ist der Abstand des Netzhautcentrums von dem Mittelpunkte der Hinterkapsel. Man hat nach Stampfer's Formeln für die Vereinigungsweite $F_2$ der parallel auf die Cornea auffallenden Strahlen nach ihrer Brechung in dem Krystallkörper $F_2 = -6'''734$. Ist nun der relative Brechungsexponent für die vordere Linsenfläche $M_1$, jene für die Linsenhinterfläche $M_2$ und sind $m_1$ und $m_2$ ihre reciproken Werthe, also

$$M_1 = \frac{n_2}{n_1};\ m_1 = \frac{n_1}{n_2}$$

$$M_2 = \frac{n_3}{n_2};\ m_2 = \frac{n_2}{n_3}$$

ferner $\frac{1}{R_1} = r_1$; $\frac{1}{R_2} = r_2$; $\frac{1}{D} = d$; $\frac{1}{F_1} = f_1$, so lässt sich der absolute Brechungsexponent der homogen gedachten Linsenmasse leicht durch Substitution der genannten Werthe aus den Stampfer'schen Formeln berechnen. Es verwandeln sich die beiden folgenden Grundformeln

$$(1 - m_1)\, r_1 + m_1 d_1 = f_1$$

und wegen $F_1 - q = D_2$, also $d_2 = \frac{f_1}{1 - f_1 q}$

$$(1 - m_2)\, r_2 - \frac{m_2 f_1}{1 - q f_1} = f_2$$

nach ihrem Übergange in die folgende

$$\frac{r_2 - m_2 r_2 - r_2 q f_1 + r_2 m_2 q f_1 - m_2 f_1}{1 - q f_1} = f_2, \text{ oder}$$

$$\frac{1 - q f_1}{r_2 - m_2 r_2 - r_2 q f_1 + r_2 m_2 q f_1 - m_2 f_1} = F_2,$$

wo $F_2$ eine essentiell negative Zahl bedeutet, durch Substitution des Werthes $(1 - m_1)\, r_1 + m_1 d_1$ für $f_1$ und der Werthe $\frac{n_1}{n_2}$ für $m_1$ und $\frac{n_2}{n_3}$ für $m_2$ in die nachstehende Gleichung des zweiten Grades:

$$o = \begin{cases} n_2^2\,[F_2(r_2 + r_1 - r_2 r_1 q)] + \\ n_2\,[n_3 - n_3 q r_1 - F_2 n_3 r_2 + F_2 n_3 r_1 r_2 q + F_2 r_2 q r_1 n_1 - \\ \qquad - F_2 r_2 q d_1 n_1 - F_2 r_1 n_1 + F_2 n_1 d_1] + \\ n_2^0\,[(n_3 q r_1 n_1 - n_3 q n_1 d_1)(1 - F_2 r_2)]. \end{cases}$$

Nennt man den Coëfficienten der $n_2^2 \mid A$; jenen der $n_2 \mid B$ und den der $n_2^0 \mid C$; so ergibt sich, da

$$n_2 = -\frac{B}{2A} \pm \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}$$

für $n_2$ der Werth 1·418. Dieser Werth in die Stampfer'schen Grundformeln substituirt, ergibt

$$\begin{aligned} f_1 &= \phantom{-}0{\cdot}09373, \\ f_2 &= -0{\cdot}1489, \\ F_2 &= -6{\cdot}716, \end{aligned}$$

also nur um 0·018 zu klein, womit die Senff'sche Behauptung widerlegt ist, als müsse eine statt des Krystalles in die Kapselhöhle substituirte homogene Masse einen Brechungsindex von 1·539 haben, um abgesehen von der sphärischen und chromatischen Aberration denselben Effect hervorzubringen, als die geschichtete Linse mit ihrem gegen das Centrum wachsenden Index und mit abnehmenden Radien der Schichten.

Benützt man nun diesen für den imaginären Totalindex der Linse gefundenen Werth für die Stellung der reducirten Cornealbrechungsfläche zur Berechnung der Haupt-, Brenn- und Knotenpunkte nach der Listing'schen Methode und setzt man statt der von Listing angenommenen und allzusehr abweichenden Werthe für die Brechungsexponenten $n$, $n_1$, $n_2$, $n_3$ für die Radien $r$, $r_1$, $r_2$ und für die Abstände der Scheitelpunkte der 3 Trennungsflächen $N_1 - N$, $N_2 - N_1$ die wenigstens der Natur mehr entspechenden folgenden

$$\begin{aligned} &n = 1;\ n_1 = 1{\cdot}337;\ n_2 = 1{\cdot}418;\ n_3 = 1{\cdot}339, \\ &r = 3'''516;\ r_1 = 3'''071;\ r_2 = 2'''2, \\ &N_1 - N = 0{\cdot}8 + 0{\cdot}246 = 1'''046; \\ &N_2 - N_1 = 2''', \end{aligned}$$

so ergibt sich mit Berücksichtigung der von Listing gebrauchten Bezeichnungsweisen

$$u = -\frac{n_1 - n}{r} = -0\cdot09585$$

$$u_1 = -\frac{n_2 - n_1}{r_1} = -0\cdot0264$$

$$u_2 = -\frac{n_3 - n_2}{r_2} = +0\cdot0359$$

$$t_1 = \frac{N_1 - N}{n_1} = +0\cdot07823$$

$$t_2 = \frac{N_2 - N_1}{n_2} = +1\cdot4104$$

$$g = (u t_1 u_1 t_2) = 0\cdot820359,$$
$$h = (t_1 u_1 t_2) = 1\cdot485717,$$
$$k = (u t_1 u_1 t_2 u_2) = -0\cdot092601,$$
$$l = (t_1 u_1 t_2 u_2) = 1\cdot051272,$$
$$gl = h k = +0\cdot999998,$$

also erst in der sechsten Decimalstelle um zwei Einheiten zu klein.

Für die Hauptpunkte $E$ und $E_1$ ist dann

$$E - N = -0\cdot5537$$
$$N_2 - E_1 = +2\cdot59699.$$

Der erste Hauptpunkt liegt 0‴5537 vor der reducirten Cornealfläche,
„ zweite „ „ 2·597 „ „ hinteren Linsenfläche,
„ „ „ „ 0·449 hinter der reducirten Cornealfläche,

das Interstitium $\varepsilon = E_1 - E = 1\cdot0027$.

Für die beiden Brennpunkte $F$ und $F_1$ ist

$$N - F = 11\cdot353,$$
$$F_1 - N_3 = 11\cdot862.$$

Der erste Brennpunkt liegt 11‴353 vor der reducirten Cornealfläche,
„ zweite „ „ 11·862 hinter der hinteren Linsenfläche.

Die erste Brennweite $f = 11\cdot353 - 0\cdot554 = -\frac{n}{k} = 10'''799$,

„ zweite „ $f_1 = 11\cdot862 + 2\cdot597 = -\frac{n_3}{k} = 14\cdot459$,

$$\frac{f_1}{f} = \frac{n_3}{n} = 1\cdot339.$$

Für die beiden Knotenpunkte $D$ und $D_1$ ist

$$D - E = D_1 - E_1 = f_1 - f = 3\cdot66,$$
$$D - N = 3\cdot1063.$$
$$N_2 - D_1 = -1\cdot063.$$

Der erste Knotenpunkt liegt 3‴003 hinter der reducirten Cornealfläche
„ zweite „ „ 1·063 „ „ hinteren Linsenfläche,
„ „ „ „ 0·06 „ „ „ „

Das Interstitium $D_1 - D = 1'''003$, übereinstimmend mit ε.
Die Reduction ergibt für die beiden Brennweiten $f'$ und $f''$

$$f' = 11 \cdot 228$$

$$f'' = 15 \cdot 0327$$

$$\frac{f''}{f'} = \frac{n_3}{n} = 1 \cdot 339$$

Der mittlere Hauptpunkt erscheint nach der Reduction 0‴124 vor der reducirten Cornealfläche, also 0‴03 hinter der vorderen Hornhautoberfläche der mittlere Knotenpunkt aber erscheint 3‴577 hinter der reducirten und 3‴701 hinter der vorderen Hornhautoberfläche.

Der dioptrische Apparat des Auges liesse sich nach dem vorhergehenden als eine einzige brechende Fläche von 3‴701 Radius betrachten, welche Fläche 0‴03 hinter der vorderen Cornealoberfläche die optische Axe des Auges schneidet, vorne von Luft, hinten von einem Medium mit dem Brechungsexponenten = 1‴339 umgeben ist und eine vordere Brennweite von 11‴228, eine hintere Brennweite von 15‴0327 hat. In dieser Distanz von 15‴0327 müsste die Netzhaut vor der imaginären Trennungsfläche ausgespannt, der Bulbus in der Richtung der optischen Axe, also um ein Namhaftes verlängert gedacht werden.

Ein so bedeutendes Abweichen der Rechnungsresultate von den in der Natur gegebenen Verhältnissen, welches übrigens schon Donders (Nederlandsch Lancet 1852, 1. Jahrg., S. 529) gerügt hat, drückt nothwendig der Werth des Listing'schen Verfahrens sehr herab, um so mehr, als eben Schemata für die Strahlenbrechung im Auge vor Allem nur Anwendung finden, wenn es sich handelt, gewisse Probleme, z. B. die Grösse der Netzhautbilder, Sehwinkel, die Stellung der Bilder auf der Netzhaut u. s. w. auf bequemere Weise zu lösen, ein namhaftes Hinausrücken der Netzhaut aber auf die Richtigkeit der gewonnenen Resultate sehr missliebig influenziren muss. Es bleibt also nichts übrig, als vor der Hand von den Haupt-, Brenn- und Knotenpunkten Listing's, sowie von den darauf basirten Folgerungen anderer Autoren, namentlich Vollkmanns (R. Wagner's Handwörterb. der Phys., Bd. 3, 1. Abth. Art. „Sehen“) abzusehen, und, vertrauensvoll auf jenen Forscher hinblickend, zu hoffen, er werde in der nächsten Zukunft seine schönen mathematischen Deductionen für annäherungsweise richtige Grundgrössen einrichten.

Mittlerweile kommt man, glaube ich, besser zum Ziele, wenn es sich um eine bequeme Formel für ein reducirtes Auge handelt, wenn man sich die sämmtlichen Refractionen der Strahlen im Bulbus auf die Vorderfläche der Cornea, als der einzigen Trennungsfläche zweier verschiedener Medien, vereinigt denkt, und deren Abstand von dem Centrum der Netzhaut in der Richtung der optischen Axe mit Krause $= 9'''934$ denkt, ihr den natürlichen Radius $R = 3'''456$ belässt und nun frägt, was muss ein den gesammten Bulbusraum erfüllendes homogenes Medium für einen Brechungsexponenten haben, um damit bei $R = 3'''456$ und beliebiger Distanz $D$ des Objectes das Bild auf der Netzhaut, also $9'''934 = F$ hinter der Cornealoberfläche zu Stande komme?

Setzt man zu diesem Ende den Index der Luft $= 1$, so ergibt sich aus der Stampfer'schen Grundformel

$$(1 - m)\, r - m\, d = f$$

für unendliche $D$

$$(1 - m)\, r = f, \text{ also } m = 1 - \frac{R}{F} \text{ und}$$

$$M = \frac{F}{F - R} = 1 \cdot 533.$$

Für endliche $D$ erscheint die Stampfer'sche Grundformel nach und nach in den Gestalten

$$\frac{1}{(1 - m)\, r - m\, d} - \frac{1}{f} = o$$

$$\frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{MR} - \frac{1}{MD}} - F = o$$

$$\frac{R^2 M^2 D}{M^2 RD - RMD - MR^2} - F = o$$

$$M = -\frac{F(D + R)}{D(R - F)}$$

wo $F$ und $R$ constant, $D$ eine willkürliche Grösse ist. Für $D = 100'''$ wäre dann $M = 1 \cdot 586$.

Nach diesen Voraussetzungen ist es nun möglich, näher in das Thema meiner Arbeit einzugehen.

Die conjugirten Vereinigungsweiten der im dioptrischen Apparate des Auges zur Brechung kommenden Lichtstrahlen stehen in einem bestimmten gegenseitigen Verhältnisse. Es wächst die hintere Vereinigungsweite mit der Abnahme der vorderen und zwar um so

rascher, je näher das Gesichtsobject der Hornhaut rückt. Der Coëfficient dieses Verhältnisses ist aber ein anderer, als der für einfache Linsen geltende, da sich im dioptrischen Apparate des Auges eine ganze Reihe von Trennungsflächen combinirt. Dadurch geschieht es, dass die absoluten Werthe der hinteren Vereinigungsweiten innerhalb sehr enger Grenzen variiren, nur um relativ wenige Linien verschieden sind, es möge das Object in unendlicher Ferne oder in der vorderen Brennweite der Hornhaut stehen.

Bei völliger Unveränderlichkeit des Accommodations-Apparates würden sich nach den angegebenen Mittelwerthen parallel auf die Cornea auffallende Strahlen 6‴734 hinter dem Centrum der hinteren Kapselhälfte vereinigen; Strahlen, welche aus einem 100‴ von der Cornea entfernten Punkte divergiren, aber 7‴374 hinter jenem Kapselcentrum zur Vereinigung kommen, was eine Differenz von 0‴64 ergibt. Die vordere Brennweite der Cornea findet man, wenn man mit Zugrundelegung der angeführten Werthe

$$(1-m_1)\,r_1 - m_1\,d_1 = f_1$$

$$(1-m_2)\,r_2 + \frac{m_2\,f_1}{1-q\,f_1} = f_2 = o$$

setzt und nun $d_1$ sucht. Es ist, wenn $(1-m_1)\,r_1 = a$, $(1-m_2)\,r_2 = b$ gesetzt wird

$$b + \frac{m_2\,(a-m_1\,d_1)}{1-q\,(a-m_1\,d_1)} = o \text{ und}$$

$$D = \frac{m_2\,m_1 - b\,q\,m_1}{b - b\,q\,a + m_2\,a} = 10\cdot295.$$

Objecte, welche nahe 10‴3 vor der Cornea liegen, senden also parallele Strahlen auf die Linsenvorderfläche. Der absolute Brechungsexponent der auf homogene Masse reducirten Linse ist nun 1·418, also $m_3 = 0\cdot943$; $m_4 = 1\cdot134$, also:

$$(1-m_3)\,r_3 = f_3 = 0\cdot0185649$$

$$(1-m_4)\,r_4 - \frac{m_4\,f_3}{1-q_2\,f_3} = f_4 = -0\cdot03897$$

$$F_4 = -25'''66.$$

Strahlen, welche von Objecten kommen, die 10‴3 vor der Hornhaut liegen, vereinigen sich also 25‴66 hinter dem Mittelpunkte der hinteren Kapseloberfläche und während einer Differenz der vorderen conjugirten Vereinigungsweiten von ∞ bis 100‴ nur eine Differenz der hinteren Vereinigungsweiten von 0‴64 entspricht; wächst die Differenz der letzteren auf 18·286, wenn das Object von 100‴ Distanz auf 10‴3 hereinrückt.

Wären die lichtempfindenden Elemente der Netzhaut körperlose mathematische Punkte, so würde jede, selbst die geringste Verschiebung des Gesichtsobjectes nach vorwärts oder rückwärts

eine entsprechende Veränderung in dem dioptrischen Apparate des Sehorganes nothwendig machen, widrigenfalls nicht ein scharfes und möglichst lichtstarkes Bild des Gegenstandes, sondern nur Zerstreuungskreise zur Wahrnehmung kommen könnten. Die Körperlichkeit und namentlich die Axenrichtung der stab- und zapfenförmigen Körper, welche neuerer Zeit als die eigentlichen lichtempfindenden Elemente der Netzhaut erkannt worden sind, machen die Sache aber anders. Bei der elementaren Einfachheit dieser Gebilde muss in Bezug auf den, zum Gehirne fortgepflanzten, sinnlichen Eindruck es völlig gleichgiltig sein, welcher Punkt ihres Körpers von dem Scheitel eines Lichtkegels getroffen wird. In so ferne erscheint die räumliche Ausdehnung der zapfen- und stabförmigen Netzhautkörper als ein Moment, welches die Nothwendigkeit accommodativer Veränderungen im dioptrischen Apparate des Auges beschränkt und insbesondere bei grösseren Objectsdistanzen als ein gewichtiger Factor in die Schale fällt, um so mehr aber an Einfluss verliert, je näher der Gegenstand dem Auge rückt.

Die Länge der Netzhautzapfen beträgt nach Kölliker (Mikrosk. Anatom. 2. Bd., 2. Hälfte, S. 649) im Grunde des Auges 0‴036. Nehmen wir an, die Vereinigung parallel auf die Cornea auffallender Strahlen fiele gerade auf das vordere Ende dieser Zapfen und die Vereinigungsweite, vom Centrum der hinteren Kapsel gerechnet, sei 6‴734. Um den Einfluss der Zapfenlänge zu erörtern, darf man nur $F_4 = 6\cdot734 + 0\cdot036 = 6\cdot77$ setzen und bei übrigens unveränderten Werthen rückwärts rechnen. Es ist $f_4 = 0\cdot1477$; $m_4 = 0\cdot9443$; $m_3 = 1\cdot061$ etc. und

$$(1 - m_4)\, r_4 - m_4 f_4 = f_3 = -0\cdot1142853$$

$$(1 - m_3)\, r_3 + \frac{m_3 f_3}{1 + q_3 f_3} = f_2 = +0\cdot0788$$

$$(1 - m_2)\, r_2 + \frac{m_2 f_2}{1 + q_2 f_2} = f_1 = +0\cdot0747$$

$$(1 - m_1)\, r_1 + \frac{m_1 f_1}{1 + q_1 f_1} = d = -0\cdot00097$$

$$D = 1030'''93 = 7'16.$$

Es kann das Auge demnach eigentlich nie für einen einzigen Punkt accommodirt sein, sondern immer nur für eine ganze Reihe stätig hinter einander gelegener Punkte, für eine Linie, deren Länge mit der

deutlichen Sehweite zunimmt, und welche von dem Punkte, für welchen der Accommodationsapparat optisch eingerichtet ist, nicht halbirt, sondern in zwei ungleiche Theile getheilt wird, deren vorderer den hinteren an Längenausdehnung mehr weniger übertrifft.

Nur ausserhalb dieser Linie, dies- und jenseits ihrer Endpunkte, gelegene Objecte werden undeutlich gesehen und die Undeutlichkeit ist Folge der Nichtisolation der sinnlichen Eindrücke, sie ist darin begründet, dass die von je einer Masseinheit der Objectoberfläche ausgehenden Strahlenkegel nicht in je Einem stab- oder zapfenförmigen Netzhautkörper zur Vereinigung kommen, sondern in Form von Zerstreuungskreisen auf die Stabschichte der Retina gelangen, in Form von Zerstreuungskreisen, deren jeder im Verhältnisse zu seiner Grösse eine grössere oder geringere Zahl neben einander stehender Stäbe und Zapfen gleichzeitig und gleichmässig afficirt, während umgekehrt wieder jeder einzelne Zapfen und Netzhautstab von einer grösseren oder geringeren Zahl von Zerstreuungskreisen sinnlich angeregt wird.

Insoferne aber die Grösse dieser Zerstreuungskreise nicht allein abhängt von der Differenz zwischen der Entfernung des Objectes und zwischen dem Abstande des Einen entsprechenden Endpunktes jener Linie, sondern in sehr hohem Grade beeinflusset wird von der Grösse der Pupille, so kann auch die Undeutlichkeit der optischen Wahrnehmung nicht blos eine Function sein von der Distanz des Objectes und der Accommodationsweite, sondern sie muss gleichzeitig auch in Verbindung mit dem Pupillendurchmesser gedacht werden. Es liegt in dem Spiele der Pupille, so wie in der Anwendung künstlicher Diaphragmen und in der Verengerung der Lichtspalte ein die Deutlichkeit optischer Wahrnehmungen erhöhender Factor.

Es sei Fig. 1 $L$ die hintere Kapsel und $a$ sowie $g$ seien die Austrittspunkte für die äussersten Strahlen der beiden Kegel $acg$ und $ac_1g$, deren Basis $ag$ offenbar von der Grösse der Pupille abhängt. $N$ sei die Netzhaut und diese werde von den Zertreuungskreisen $dd_1$ und $nn_1$ getroffen, deren ersterer dem Strahlenkegel $acg$, der zweite dem Strahlenkegel $ac_1g$ angehört. Es ist nun der Flächeninhalt $A$ des Zerstreuungskreises $dd_1$, $A = de^2\pi$ und der Flächeninhalt $B$ von $nn_1$ ist $B = ne^2\pi$; $de = ce \tang \alpha$ und $ne = c_1e \tang \beta$. Es sind aber $ce$ und $c_1e$ die Differenzen zwischen der hinteren Vereinigungsweite der im dioptrischen Apparate gebrochenen Strahlen und dem Abstande der Netzhaut vom optischen Centrum des Refractionsapparates, $\tang \alpha$ und $\tang \beta$ aber sind Functionen von $ab$.

J. Czermak in Prag (Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. zu Wien, 12. Bd., S. 322) gebührt das Verdienst, auf die angeführten Verhältnisse zuerst aufmerksam gemacht und sie auf experimentellem Wege als thatsächlich gegeben nachgewiesen zu haben. Er nennt ganz treffend jene Linien, für welche der dioptrische Apparat jeweilig eingerichtet ist, Accommodationslinien und unterscheidet sie solcher Gestalt von dem Accommodationspunkte, d. i. von jenem Punkte, für dessen Entfernung das Auge eigentlich optisch eingestellt ist.

Ganz übereinstimmend mit jenen theoretischen Deductionen ergeben seine Versuche, dass die Accommodationslinie mit der Entfernung des Accommodationspunktes von dem Auge wachse; dass der letztere nicht die Accommodationslinie halbire, sondern deren dem Auge zugekehrten Ende näher liege; dass das allmähliche Undeutlichwerden der diesseits und jenseits der Accommodationslinie gelegenen Objecte an dem, dem Auge zugekehrten Ende weit rascher als an dem anderen Ende zunehme, und dass endlich die Accommodationslinie um so schärfer begrenzt sei, dass ihr vorderes und hinteres Ende sich um so schärfer abmarke, je näher dem Auge der Accommodationspunkt liegt, in Bezug auf welches letztere Verhältniss die gewöhnliche Verengerung der Pupille beim Nahesehen von hauptsächlichem Einflusse ist.

Die Veränderungen, welche im dioptrischen Apparate eingeleitet werden müssen, um denselben für gewisse Objectsdistanzen einzustellen, sind in Bezug auf Quantität und Qualität nicht allein von der Objectsdistanz als solcher abhängig, sondern auch und zwar vorwiegend von der Lage und Länge der natürlichen Sehlinie des Auges.

Als solche bezeichne ich jene Accommodationslinie, für welche das Auge bei völliger Unthätigkeit des Accommodationsmuskels eingestellt ist. Ihr jenseitiger Endpunkt ist immer zugleich der Fernpunkt des Auges: indem der Druck des Accommodationsmuskels nur eine Verkürzung der deutlichen Sehweite zu bewerkstelligen im Stande ist.

Diese natürliche Sehlinie variirt nun je nach den Individuen ausnehmend in Lage und Länge, denn sie ist Function einer langen Reihe von Factoren, deren jeder individuellen Schwankungen unterworfen ist.

Vorerst sind es die Krümmungsvarianten der Cornealvorderfläche, welche, obschon innerhalb enger Grenzen eingeschlossen, dennoch sehr namhafte Differenzen in den Ablenkungen der auffallenden Strahlen bewirken. Weiters sind es Abweichungen in der Wölbung der hinteren Cornealoberfläche, die wahrscheinlich gegebenen Verschiedenheiten in dem Brechungsindex der Hornhautsubstanz, die eclatanten Differenzen in der Kammeraxe, weiters höchst bedeutende, bald angeborne, bald acquirirte Abweichungen der Krümmungsradien der Linsenblattlagen und die handgreifliche, mit dem Alter des Individuums stetig zunehmende Dichtigkeit des Krystalls. Kaum geringer anzuschlagen als diese Momente sind aber die Formvarianten des Augapfels als Ganzes und damit die Differenzen in der Länge der optischen Axe, denn davon hängt die Distanz der Netzhautstab-Schichte vom optischen Mittelpunkte des Lichtbrechungsapparates und sofort die zum Deutlich- und Scharfsehen erforderliche Länge der hinteren conjugirten Vereinigungsweite der das Auge treffenden Strahlen ab.

Diese Verhältnisse machen, dass eine ganz gleiche Accommodationsbestrebung, ja ein ganz gleiches Mass ausgeübten Accommodationsdruckes, in verschiedenen Individuen eine sehr ungleiche Verschiebung der Accommodationslinie zur Folge hat; umgekehrt aber, dass die Einstellung des dioptrischen Apparates für eine bestimmte Objectsdistanz in verschiedenen Augen ein sehr verschiedenes Mass von Kraftanstrengung des Accommodationsmuskels erfordert, unter gewissen Umständen sogar eine ganz entgegengesetzte Richtung der Accommodationsthätigkeit nothwendig erscheinen lässt.

Die natürliche Sehlinie des Auges bestimmt solchermassen den Fernpunkt und das Mass des Accommodationsdruckes, welches wirken muss, um den dioptrischen Apparat des Auges für jede beliebige, diesseits des Fernpunktes gelegene Distanz optisch einzustellen. Insoferne das Mass des möglicher Weise auszuübenden Accommodationsdruckes in jedem Falle ein gegebenes, beschränktes ist, wird die natürliche Sehlinie auch in Bezug auf die Lage des Nahepunktes, d. i. des diesseitigen Endpunktes der kürzesten Accommodationslinie, bestimmend.

Dieses Mass der aufwendbaren und als Druck wirkenden Kraft des Accommodationsmuskels einerseits, und die natürliche Sehlinie

anderseits sind also die Factoren, welche die absolute Sehweite des Auges, die Länge der den Fern- und Nahepunkt verbindenden Linie, so wie deren Lage auf der verlängerten optischen Axe, bestimmen. Die Länge und Lage dieser Linie ist nun aber der Massstab, nach welchem allein die Norm und der Grad sich beurtheilen lassen, in welchem der dioptrische Theil der Sehfunction von den als Norm geltenden Verhältnissen abweicht. Es liegt daher auf der Hand, dass die Accommodationsfehler des Auges vom wissenschaftlichen Standpunkte aus nur eingetheilt werden können in solche, welche ihren Grund finden in anatomischen Missverhältnissen des gesammten Augapfels oder der einzelnen lichtbrechenden Medien, weiters in solche, welche durch Functionsbeschränkung des Accommodationsmuskels bedingt sind und drittens in solche, welche beide Momente als Ursache erkennen lassen.

Eine solche Eintheilung erschwert jedoch die Darstellung und tritt der Übersichtlichkeit des zu Erörternden in den Weg, indem sie, wie das Folgende herausstellen wird, vielseitig Wiederholungen nothwendig macht. In Anbetracht dessen ziehe ich es daher vor, nach althergebrachter Sitte den dioptrischen Effect jener Abweichungen in dem Baue der lichtbrechenden Medien und des Auges als Ganzes, sowie in der Function des Accommodationsmuskels, der Eintheilung zu Grunde zu legen, die letzterwähnten Verhältnisse aber blos zur Untersuchung ätiologisch differenter Unterarten der einzelnen Accommodationsfehler zu benützen. Ich spreche demnach vorerst von der Kurzsichtigkeit, sodann von der Weitsichtigkeit und von der Übersichtigkeit in deren Verbindung mit der Asthenopie und dem gänzlichen Mangel des Accommodationsvermögens, so wie mit dem Verzerrtsehen.

## Die Kurzsichtigkeit oder Myopie.

Der jenseitige Endpunkt der natürlichen Sehlinie normalsichtiger Augen kann nicht wohl anders, als in unendlicher Ferne gelegen gedacht werden, und die Beschränkung, welche sich bezüglich der Tragweite des Gesichtssinnes geltend macht, kann nicht sowohl auf dem Unvermögen beruhen, den dioptrischen Apparat des Auges für grosse endliche und selbst für unendliche Entfernungen einzustellen; sondern muss auf anderen Gründen beruhen. Es wäre sonst nämlich ganz unerklärbar, wie es möglich ist, den Mond und die

Schatten seiner Unebenheiten in scharf contourirten Bildern wahrzunehmen.

Ein solches Moment, welches die Tragweite des Gesichtssinnes beschränkt, liegt nun bestimmt in der Abnahme der Netzhautbildgrösse. Die letztere, d. i. die Grösse der Netzhautbilder, steht nämlich in geradem Verhältnisse zu der Grösse des Objectes und zur Länge der hinteren conjugirten Vereinigungsweite der Strahlen; im umgekehrten Verhältnisse aber zur Entfernung des Objectes und zu dem jeweiligen Grade des Refractionszustandes des dioptrischen Apparates.

Ist $D$ der Abstand des Objectes und $F$ die conjugirte Vereinigungsweite, 1 der Brechungsexponent der Luft und $M$ jener des auf die vordere Cornealoberfläche reducirten dioptrischen Apparates, so ist der Vergrösserungs-Coëfficient $m$

$$m = -\frac{F}{MD};$$

für $D = \infty$ wird das Netzhautbild also unendlich klein und es bedarf unendlicher Grössen des Objectes, um damit sein Netzhautbild ein oder das andere lichtempfindende Element der Retina decken und sofort eine unvermischte Wahrnehmung vermitteln könne.

Die Objectsdistanz, als der numerisch stärkste Factor ist aber hier hauptsächlich massgebend und bewirkt, dass die von noch so grossen Masseinheiten der leuchtenden Oberflächen ausgehenden Strahlenkegel endlich nicht mehr auf einzelnen Zapfen oder Stäben der Netzhaut isolirt werden können, sondern Strahlenkegel von einer grösseren oder geringeren Zahl von Objecten oder Objecttheilen auf einem und demselben jener Netzhautelemente zur Vereinigung kommen, und sofort nur gemischte Eindrücke sich zum Gehirne fortpflanzen können.

Immerhin jedoch ist das erwähnte Verhältniss nicht im Stande das Netzhautbild irgend eines fernen Objectes zum Verschwinden zu bringen, es kann dasselbe nur auf die Grösse eines Punktes reduciren, und gemischte Eindrücke setzen eine Mannigfaltigkeit von Objecten in gewissen Aichungen des Gesichtsfeldes voraus. Das Unsichtbarwerden ferner Objecte kann daher nicht allein auf die Abnahme der Netzhautbildgrösse gesetzt werden, es fordert noch ein anderes Moment zu seiner Erklärung und das ist einerseits das Beugungsspectrum, andererseits aber die Schwächung des Lichtes im geo-

metrischen Verhältnisse, wenn die Dicke der Durchgangsmedien im arithmetischen wächst.

Insoferne wird der Pupillendurchmesser und der wirkliche Glanz der Gesichtsobjecte von höchstem Belange. Letzterer ist es auch, welcher die Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit der Sterne bestimmt, und im Vereine mit dem Beugungsspectrum, durch die, in Proportion zur Intensität des auf die Netzhaut ausgeübten Reizes, sich steigernde Irradiation auch die scheinbare Grösse der Sterne beeinflusset. Alle Sterne sollten als leuchtende Punkte erscheinen, und ist der dioptrische Apparat für einen derselben eingestellt, so muss er es auch für die anderen sein. Was aber von den Sternen gilt, das hat auch in Bezug auf terrestrische Objecte seine Geltung.

Die Myopie kann daher nicht schlechtweg als das Unvermögen eines Auges erklärt werden, ferne Objecte in scharfen und deutlichen Bildern zur Wahrnehmung zu bringen; sondern nur als das Unvermögen, scharfe und deutliche Wahrnehmungen von solchen fernen Objecten zu vermitteln, welche ihrer Grösse und ihrem wirklichen Glanze nach, bei richtiger Einstellung des dioptrischen Apparates und bei Integrität der lichtempfindenden Theile, in scharfen und deutlichen Bildern zur Anschauung kommen müssten.

Mit Festhaltung dieses Begriffes ergibt sich als die optische Wesenheit der Myopie die Vereinigung der von fernen Objecten ausgehenden Strahlenkegel vor der Netzhautstabschichte. Das Verschwommensein der Contouren in den von fernen Objecten zur Wahrnehmung kommenden Bildern findet demnach seinen Grund darin, dass die Strahlenkegel, welche von je einer der Distanz des Objectes entsprechenden Masseinheit seiner Oberfläche ausgehen, nicht mehr in je einem Zapfen oder Stabe der Netzhaut zur Vereinigung kommen; sondern dass jeder dieser Strahlenkegel in Form eines Zerstreuungskreises eine bald grössere bald kleinere Anzahl von Stäben und Zapfen gleichzeitig und gleichmässig afficirt, umgekehrt aber jeder einzelne dieser Zapfen und Stäbe von einer mit ihrer Grösse zunehmenden Zahl von Zerstreuungskreisen getroffen wird, der auf das *Sensorium commune* fortgepflanzte Lichtreiz demnach ein gemischter sein muss. Die Undeutlichkeit, die Lichtschwäche in den, scharfer Contouren entbehrenden Netzhautbildern ferner Objecte ist aber eine Folge der Abnahme des scheinbaren Glanzes, der Abnahme der Erleuchtungs-

Intensität einer gewissen Masseinheit der Retina, welche Abnahme mit der Grösse der Zerstreuungskreise im geraden Verhältnisse steht und in Verbindung mit der beschränkten Reizempfänglichkeit der Netzhaut die Wahrnehmung jener Zerstreuungskreise endlich unmöglich macht.

Die Grösse der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise bestimmt das Mass der Undeutlichkeit und des Mangels an scharfer Begrenzung in den zur Wahrnehmung kommenden Bildern ferner Objecte. Sie ist nicht allein Function der Differenz zwischen der Vereinigungsweite und dem Abstande der Netzhaut vom optischen Centrum des dioptrischen Apparates, sondern auch Function der Öffnung des lichtbrechenden Apparates.

Kraft des letzterwähnten Verhältnisses finden myopische Augen in der unwillkürlichen Verengerung des Sehloches bei Einwirkung höherer Lichtgrade, und in der willkürlichen Verengerung der Lidspalte das Mittel, die Schärfe ihrer, ferne Objecte betreffenden, Wahrnehmungen auf Kosten der Lichtstärke zu vermehren. Dem entsprechend blinzeln (μύειν) denn auch myopische Augen beim Besehen ferner Objecte im hellen Raume so gewöhnlich, dass man den wissenschaftlichen Namen des fraglichen Gesichtsfehlers davon hergeleitet hat.

In Anbetracht des ersterwähnten Verhältnisses ist es klar, dass abgesehen von der Grösse und dem wirklichen Glanze des Objectes die Schärfe und Lichtstärke seines Netzhautbildes mit der Annäherung an die Cornea zunehmen müsse, indem damit die hintere conjugirte Vereinigungsweite wächst und sofort die Grösse der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise abnimmt. Da nun aber, um die hintere conjugirte Vereinigungsweite um ein Merkbares zu verlängern, relativ um so grössere Verschiebungen des Objectes in der Richtung gegen das Auge erfordert werden, je ferner das Object vom Auge absteht; so ergibt es sich, dass die Schärfe der Begrenzung und die Lichtstärke der Netzhautbilder bei übrigens entsprechender Grösse und entsprechendem wirklichen Glanze des Objectes nur dann merklich erhöht werden könne, wenn die Hereinrückung des fernen Objectes eine sehr namhafte ist, und dass die Kurzsichtigkeit überhaupt sich nicht wohl anders als durch mangelnde Schärfe und Undeutlichkeit der Netzhautbilder von solchen Objecten charakterisiren könne, die dem Auge relativ schon nahe stehen, höchstens einige

Schuhe oder selbst Zolle entfernt sind. Denn fallen die Scheitel von Strahlenkegeln in die Netzhautstabschichte, welche Strahlenkegel aus Punkten von mehreren Fussen Entfernung divergiren, so ist der Durchmesser der Zerstreuungskreise von Strahlen, welche parallel auf die Cornea auffallen, schon ausserordentlich klein, von dem Querdurchmesser der Stäbe und Zapfen nur wenig verschieden und sofort die Isolation der Eindrücke noch möglich. Es liegt demnach schon in dem optischen Charakter der Kurzsichtigkeit, dass die absolute Sehweite auf einen Spielraum von nur wenigen Fussen oder Zollen bei relativ geringem Abstande des Nahepunktes beschränkt sei.

Der Abstand des Nahepunktes ist nun bei Gegebensein einer bestimmten natürlichen Sehlinie allein mehr abhängig von dem Grade des noch bestehenden Accommodationsvermögens. Es darf dieses nicht fehlen, ja der active Theil des Adaptionsapparates muss eine der Norm nahezu gleichkommende Kraft zu entwickeln im Stande sein, widrigenfalls man es nicht sowohl mit Kurzsichtigkeit, als vielmehr mit Asthenopie oder mit völligem Mangel des Accommodationsvermögens, also mit zwei von Myopie sehr differenten Gesichtsfehlern zu thun hat.

Als fixes Grössenmass des, einem Auge zukommenden Accommodationsvermögens kann man nun die Differenz betrachten zwischen dem Netzhautabstande und zwischen der kürzesten oder längsten, durch Accommodationsthätigkeit noch correctionsfähigen, hinteren Vereinigungsweite des im normalen Refractionszustande verharrenden Lichtbrechungsapparates. Insoferne die hinteren Vereinigungsweiten relativ sehr rasch wachsen, wenn das ohnehin nahe Object noch näher dem Auge gerückt wird; so ist es von selbst verständlich, dass demselben Grössenmasse des Accommodationsvermögens sehr differente absolute Sehweiten entsprechen werden, je nachdem das Auge normalsichtig oder myopisch ist, und dass die absolute Sehweite des kurzsichtigen Auges bei normaler Grösse der Adaptionsfähigkeit eine um so kürzere werden müsse, je kürzer eben die natürliche Sehlinie ist, je näher also der Fernpunkt der Cornea liegt. So kömmt es, dass in den höchsten Graden der Myopie die absolute Sehweite endlich auf weniger als einen Zoll herabsinkt und sofort eine fast verschwindende wird, wenn man sie mit der absoluten Sehweite von Augen vergleicht,

welche bei völligem Mangel des Accommodationsvermögens eine längere natürliche Sehlinie haben. Es simulirt solchermassen ein im hohen Grade kurzsichtiges Auge den Mangel der Accommodationsfähigkeit, welche factisch besteht, während Augen mit langer natürlicher Sehlinie den Bestand des thatsächlich abgehenden Adaptionsvermögens nachahmen können.

Es geht daraus hervor, dass man die Grösse des in Rede stehenden Gesichtsfehlers nicht allein aus der Lage des Nahepunktes bestimmen könne, indem eben ein kräftiges Accommodationsvermögen den Nahepunkt stark hereinrückt, derselbe aber bei gleicher natürlicher Sehlinie, aber vermindertem Accommodationsvermögen, hinausrückt, und sich dem Fernpunkte nähert. Es geht daraus aber auch hervor, dass der Fernpunkt bei dieser Grössenbestimmung nicht zureiche, indem eine solche Grössenbestimmung eben der so überaus wichtigen Accommodationsfähigkeit keine Rechnung trägt und so zu falschen Resultaten führt. Nahepunkt und Fernpunkt, ihre gegenseitige Lage und ihre Lage zum Auge, diese Momente zusammengenommen, können allein nur die Beurtheilung der Grösse des in Rede stehenden Gesichtsfehlers auf sichere Grundpfeiler stützen.

Insoferne erscheinen denn auch die verschiedenen Optometer im engeren Wortsinne als ganz unzuverlässliche Mittel, wenn es sich darum handelt, den Grad der Kurzsichtigkeit, d. i. die Länge und Lage der absoluten Sehweite zu bestimmen. Die Accommodationslinien treten hier störend in den Weg. Dass dem so sei, ergibt sich schon daraus, dass ein Verfahren Czermak's, die Accommodationslinien zur äusseren Wahrnehmung zu bringen, eben nur die Anwendung eines nach Young's Princip construirten Optometers ist. Aus dem über die Accommodationslinien Gesagten ergibt es sich klar, dass die Schwierigkeiten insbesondere die Bestimmung des Fernpunktes treffen und um so grösser sein werden, je weniger nahe derselbe dem Auge gerückt ist; dass aber die mit der Verkürzung zunehmende Schärfe der Accommodationslinie die Absteckung des Nahepunktes wesentlich erleichtern müsse, vorausgesetzt, dass der zu Untersuchende das Spiel seines Accommodationsmuskels vollkommen in der Gewalt hat. Darin liegt aber die zweite, subjective und jene objectiven weit überragende Schwierigkeit. Um sie zu überwinden, bedarf selbst der Eingeweihte eine nicht geringe Übung; Laien begreiflich zu machen, was gewünscht wird, ist aber fast unmöglich.

Sie stellen den dioptrischen Apparat fast jedesmal anders ein, daher denn auch die Resultate, welche der Optometer gibt, in verschiedenen Versuchen etwas variiren. Sie würden mehr differiren bei Gegebensein grösserer absoluter Sehweiten, wenn man es dahin bringen könnte, dass die zu Untersuchenden bei Anwendung des Optometers nicht immer den Accommodationsmuskel in die grösstmöglichsten Spannungsgrade versetzten; allein dieses zu verhüten, ist fast unmöglich, sie verkürzen die Accommodationsweite immer so viel es nur geht, und daher geschieht es denn auch, dass die nach dem Optometer gewählten Brillen der Regel nach im Gebrauche sich als zu scharf erweisen, und es ist dabei natürlich gleichgiltig, ob das Optometer nach Young's oder Scheiner's Princip construirt ist. Es liefert also eigentlich nur Punkte in der absoluten Sehweite, keinesweges die Länge und Lage der letzteren. Es lässt sich aus mehreren solchen Punkten wohl ein Schluss ziehen auf das Vorhandensein einer Myopie, Presbyopie oder eines normalen Sehvermögens, allein das Mass jener Abweichungen lässt sich daraus nicht leicht mit Bestimmtheit ermitteln.

Wenn es aber blos die Aufgabe ist, einzelne Punkte der absoluten Sehweite zu ermitteln, bedarf es nicht der eigens construirten Optometer, jedes Fernrohr ersetzt das letztgenannte Instrument, indem es durch die zum Deutlichsehen erforderlichen Verlängerungen und Verkürzungen des Abstandes zwischen Objectiv und Ocular Punkte in der absoluten Sehweite bestimmen lässt. Als Gesichtsobject von fixer Distanz und fixem wirklichen Glanze eignen sich am besten bestimmte Sterne.

Auch der Augenspiegel wird insoferne zu einem Optometer. Auch er gibt Punkte der absoluten Sehweite an, vorausgesetzt, dass der Untersuchende die Fertigkeit besitzt, sein Accommodationsvermögen beliebig zu intendiren und bei jeder Untersuchung mit Bestimmtheit die Distanz anzugeben, für welche der dioptrische Apparat während der Untersuchung eingestellt war (Stellwag, Theorie der Augenspiegel, Wien 1854, III und IV). Dieses ist aber ausserordentlich schwierig und es resultirt daraus ein Grad der Unzuverlässigkeit in den Forschungsergebnissen, wie er nicht aufgewogen werden kann von dem Umstande, dass mit der nothwendigen Erweiterung der Pupille auch die Accommodationsthätigkeit des untersuchten Auges vernichtet wird, und sofort die Einstellung des dioptrischen Apparates

im Auge des Beobachteten als eine fixe zu betrachten ist, wenn man davon absieht, dass der Mydriase in ihren verschiedenen Graden nicht ganz gleiche Accommodationszustände entsprechen.

In Anbetracht aller dieser Unzukömmlichkeiten darf man also wohl behaupten, dass die Bemessung der absoluten Sehweite durch Bestimmung des Nahe- und des Fernpunktes aus der Tragweite des freien Auges an Verlässlichkeit den Ergebnissen der Anwendung von jenen Optometern nicht nachstehe. Im Gegentheile erwächst der fraglichen Untersuchungsmethode ein gewichtiger Vorzug daraus, dass sie es weit leichter macht, den Kranken zu willkürlichem Wechsel seines Accommodationszustandes zu bestimmen und zwar zum Wechsel innerhalb der immer nur möglichen Grenzen.

Es ist aus der Einleitung klar, dass bei dieser Bestimmung nicht allein die Distanz, sondern auch die davon abhängige Bildgrösse des Objectes und dessen wirklicher Glanz zu berücksichtigen kömmt. Der wirkliche Glanz des Objectes ist nämlich ein Factor des scheinbaren Glanzes und dieser bestimmt die Intensität des auf die Netzhaut ausgeübten Reizes. Die Bildgrösse aber bestimmt die Zahl der getroffenen lichtempfindenden Netzhautelemente und sofort den Grad der Genauigkeit, in welcher das Detail des Gegenstandes zur sinnlichen Wahrnehmung kömmt.

Insoferne nun aber der scheinbare Glanz der Netzhautbilder auch Function des Pupillendurchmessers ist, wird es wohl kaum möglich sein, Varianten des ersteren und die daraus resultirenden Beobachtungsfehler gänzlich zu umgehen, selbst wenn man es in der Gewalt hätte, den wirklichen Glanz des Objectes willkürlich und der Entfernung entsprechend wachsen und fallen zu lassen. Doch dürften die solchermassen bedingten Fehler auf ein Minimum reducirt werden, und schadlos zu vernachlässigen sein, wenn man als Probeobject ein, mit sehr tief schwarzen Figuren bemaltes hellweisses Blatt Papier derart in einem Zimmer befestiget, dass das helle Tageslicht seitlich und in einer bestimmten, nahe constanten Richtung darauf fällt.

Es reicht die Breite eines mässig grossen Zimmers zu dem fraglichen Versuche aus, da wegen der grossen Länge der ferneren Accommodationslinien Augen, welche auf 15—20 Fuss Entfernung deutlich und scharf sehen, in den allermeisten Fällen auch für unendliche Distanzen sich einzustellen fähig sein werden, daher man es auch nicht nothwendig hat, zur Vermeidung der aus der wechselnden

Bildgrösse entspringenden Fehler eine unendliche Reihe von Objecten in den, allen Distanzen entsprechenden Dimensionen zur Anwendung zu bringen und zwar um so weniger, als bei sehr grossen Entfernungen das Beugungsspectrum und die Irradiation ohnehin das Endresultat, die Bestimmung des Fernpunktes, sehr stark trüben. Aufgabe ist es, die Bildgrösse zu einer constanten zu machen und sie so klein zu wählen, dass jede Verminderung derselben einer Erkenntniss des Objectes in seiner Detailzeichnung unmöglich machen müsste.

Ein sehr gutes Auge ist noch im Stande, auf hellweissem Grunde schwarze Buchstaben von 0‴2 Höhe, und entsprechender Dicke in 72‴ Abstand scharf und deutlich zu sehen, und das ist wohl in Bezug auf das gewählte Gesichtsobject nahezu die innere Grenze der Möglichkeit. Es entspricht diesen Dimensionen eine Netzhautbildgrösse von 0‴0172. Ein 15 Fuss abstehendes Object muss demnach 5‴7, ein 12 Linien entfernter Gegenstand aber 0‴061 Höhe haben, um ein gleich grosses Bild auf der Netzhaut zu entwerfen.

Der Übersichtlichkeit halber benütze ich zu diesen Berechnungen das auf die vordere Cornealoberfläche, als einzige Trennungsfläche, reducirte Auge. Es ist für dasselbe der Radius $R$ der Trennungsfläche $R = 3\cdot456$, die Axe oder bezüglich der zu lösenden Aufgaben der Abstand der Netzhaut und der absolute Brechungsexponent $M$ des homogen gedachten Inhaltes

$$M = -\frac{F(D+R)}{D(R-F)},$$

wo $D$ den Abstand des Gesichtsobjectes bedeutet. Der Vergrösserungscoëfficient $m$ ist

$$m = \frac{F}{DM}.$$

Wenn $A$ die Höhe des Objectes und $a$ die Höhe des Netzhautbildes ausdrückt, so erscheint

$$a = Am = -\frac{AF}{MD} = \frac{A(R-F)}{D+R}.$$

Für $A = 0'''2$ und $D = 72'''$ ergibt sich $a = 0'''0172$, was dem Breitendurchmesser von 7·8 unmittelbar an einander stehender Zapfen, deren jeder im Mittel nach Kölliker 0‴0022 misst, entspricht. Damit nun $a$ eine Constante bleibe, muss für $D = 2160''' = 15'$ das $A = 5'''7$ werden; für $D = 20'''$ aber das $A = 0'''061$ sein, wie sich ergibt aus den Gleichungen

$$a = \frac{A(R-F)}{D+R} \text{ und } A = \frac{a(D+R)}{R-F}.$$

Als Probeobject dürfte demnach eine Reihe von Buchstaben, mit schwarzer Farbe auf weissem Papiere gezeichnet, deren Höhe von 5‴7 bis 0‴061 allmählich abnimmt, am besten entsprechen,

weil es nur der Nennung ihres Namens von Seite des Untersuchten bedarf, um den Untersuchenden zu vergewissern, jener habe sie wirklich in ihrer wahren Gestalt erkannt, was bei anderen Objecten nicht so leicht ist. Bei einer Reihe von Strichen z. B., die in ihren Dimensionen allmählich abnehmen, täuscht sich der Untersuchte oft selbst über die Zahl der scharf und deutlich gesehenen, da man Objecte, die man voraus kennt, auch in undeutlichen Bildern unterscheidet und das Urtheil von Laien über Schärfe der Bilder ein sehr schwankendes ist. Wollte man aber beliebige andere Figuren als Gesichtsobjecte wählen, so würde oft die mangelhafte Beschreibung des Gesehenen das Urtheil trüben. Weil es nun aber auch nicht schwer ist, einzelne Buchstaben in unscharfen Bildern zu unterscheiden, und sofort leicht Fehler resultiren, erscheint es im Interesse der Verlässlichkeit nothwendig, nicht eine einfache Zeile von allmählich an Grösse abnehmenden Buchstaben als Gesichtsobject zu wählen, sondern eine Reihe von Zeilen, deren jede Buchstaben von bestimmter Höhe im Worte ohne Zusammenhang vereinigt enthält. Ich sage „Worte ohne Zusammenhang“, da in Sätzen leicht einzelne Worte aus dem Contexte errathen werden, ohne dass scharfe und deutliche Bilder der sie componirenden Buchstaben auf der Netzhaut zu Stande kommen. Tafel II ist eine solche Scala, $A$ deutet die Buchstabenhöhe, $D$ die zugehörige Distanz an.

Selbstverständlich ist, dass jede dieser allenfalls unter einander gestellten Zeilen immer senkrecht auf der verlängerten optischen Axe des Auges stehen müsse, daher ihr Träger, jenes Blatt Papier, in gleicher Höhe mit dem zu untersuchenden Auge und vertical zu fixiren ist, weil mit der Neigung die Projection eine andere wird.

Ist Fig. II, $AB$ das geneigte und durch die verlängerte optische Axe des Auges $OO'$ halbirte Gesichtsobject, so ist der halbe Gesichtswinkel $o$ und die Grösse des Netzhautbildes $2ae$ ist Function der Projection $AC = AB.\sin a$, wo $\sin a < 1$ und zwar um so kleiner ist, je mehr $AB$ zu $OO'$ geneigt ist. Es wird $AC = o$, wenn $\sin a = o$ ist, wenn demnach $AB$ parallel zu $OO'$ wird.

Kann man nun, was einigermassen willkürlich angenommen wurde, die Netzhautbildgrösse von 0‴0172 wirklich als die innere Grenze ansehen, unter welche ein Sinken nicht mehr stattfinden darf, sollen noch die Buchstaben in scharfen und deutlichen Bildern zur Wahrnehmung kommen und sofort in ihrer Detailzeichnung erkannt

werden: so gibt die erwähnte Scala ein ziemlich sicheres Mittel an die Hand, den eigentlichen dioptrischen Fernpunkt sowohl, als den Nahepunkt, sofort die absolute Sehweite zu bestimmen. Die Art und Weise dieser Bestimmung liegt auf der Hand. Zu bemerken ist nur, dass es nicht gleichgiltig sei, welche Zeile der zu Untersuchende bei einem bestimmten Abstande fertig zu lesen im Stande ist, sondern dass bei jeder Distanz immer die ganze Reihe von Zeilen, von der grössten bis zu jener, deren Buchstabenhöhe gerade der Netzhautbildgrösse von $0^{\prime\prime\prime}0172$ entspricht, in scharfen und deutlichen Bildern wahrgenommen werden muss. Ohne Berücksichtigung dessen wird man leicht Fehlschlüsse machen, da mit der Annäherung des Objectes die relative Netzhautbildgrösse wächst und damit auch die Möglichkeit, die Bilder selbst in Zerstreuungskreisen zu unterscheiden.

Nach diesen Vorausschickungen ist es nun auch möglich, von dem Einflusse von *Brillengläsern* auf myopische Augen zu sprechen und ich gehe um so lieber in eine genauere Erörterung ihrer dioptrischen Wirkungen ein, als in ihnen das Mittel zur Correction des fraglichen Gesichtsfehlers gegeben ist, und sie insoferne von der höchsten praktischen Wichtigkeit erscheinen.

*Sammellinsen* vermindern die Divergenz auffallender Strahlen. Vor das myopische Auge gehalten, verkürzen sie also die ohnehin zu kurze hintere Vereinigungsweite noch mehr, vergrössern sofort den Durchmesser der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise und vermindern sofort die Schärfe und Deutlichkeit der Netzhautbilder noch weiter, indem sie eben den Fernpunkt scheinbar hereinrücken und sohin die Differenz zwischen dessen Abstand und den Abstand des Objectes um ein Namhaftes vermehren. *Zerstreuungsgläser* im Gegentheile vermehren die Divergenz auffallender Strahlen. Vor das myopische Auge gehalten, und so mit dessen dioptrischem Apparat combinirt, verlängern sie die hintere conjugirte Vereinigungsweite, indem sie scheinbar die vordere verkürzen. Ihre Wirkung ist daher Verkleinerung und selbst gänzliche Aufhebung der Differenz zwischen dem Abstande des Objectes und jenem des Fernpunktes, und sofortige Steigerung der Schärfe und Deutlichkeit jener Bilder, welche von jenseits des Fernpunktes gelegenen Objecten auf der Netzhaut des kurzsichtigen Auges entworfen werden.

Ist $n$ der Brechungsexponent der Luft, $n_1$ jener des homogen gedachten Inhaltes eines auf die vordere Cornealoberfläche reducirten Auges, $p$ die vordere,

$p_1$ die hintere conjugirte Vereinigungsweite und sind $f$ und $f_1$ die beiden Brennweiten, sowie $r$ der Radius der Trennungsfläche, so ist

$$\frac{n}{p} + \frac{n_1}{p_1} = \frac{n}{f} = \frac{n_1}{f_1}$$

und in dem abgeleiteten Ausdrucke

$$\frac{n_1}{p_1} = \frac{n_1}{f_1} - \frac{n}{p} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

erscheint $p_1$ zu klein, also $\frac{n_1}{p_1}$ zu gross. Insoferne es sich um den Fernpunkt handelt, muss $n_1$ bereits den kleinstmöglichsten Werth erreicht haben und sofort als Constante fungiren. Ebenso ist wegen der Unveränderlichkeit von $r$ die hintere Brennweite $f_1 = \frac{n_1 r}{n_1 - n}$ dann eine Constante und es kann $p_1$ nur dadurch vergrössert und folgerecht $\frac{n_1}{p_1}$ verkleinert werden, dass der Werth $p$ vermindert wird, der Werth von $\frac{n}{p}$ also steigt, aber negativ bleibt. Sammellinsen können vor das Auge gestellt diesem Bedürfnisse, Verkleinerung von $p$, nicht genügen. Ist nämlich $b$ ihre Brennweite, $v$ die Objectsdistanz und $v_1$ die der letzteren conjugirte Vereinigungsweite, so erscheint in Bezug auf die Brille

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{b} - \frac{1}{v}$$

wo $v_1 = p \pm c$ ist, und $c$ den Abstand der Brille von der Vorderfläche der Cornea bedeutet, welchen man hier als Constante aufzufassen hat. Ist $v > b$, steht das Object ausser der Brennweite vor der Linse, so erscheint $v_1$ positiv und sofort $p$ und $\frac{n}{p}$ in (1) negativ. Der Ausdruck (1) geht also über in

$$\frac{n_1}{p_1} = \frac{n_1}{f_1} + \frac{n}{p}$$

was eine Zunahme von $\frac{n_1}{p_1}$ und wegen der Constanz von $n_1$ eine Abnahme von $p_1$ also gerade das Gegentheil von dem in sich schliesst, was bezweckt wird. Wird $v = b$ und sofort $v_1 = \infty$, so ist auch $p = \infty$ und $p_1 = f_1$, d. h. die Strahlen vereinigen sich in der hinteren Brennweite, also in dem kürzesten Abstande hinter der Trennungsfläche des reducirten Auges. Wird aber $v < b$, so wird wohl $v_1$ negativ und der Ausdruck (1) hat seine Giltigkeit, da $p$ essentiel positiv wird, allein es ist dann $\frac{1}{v_1} < \frac{1}{v}$ und $v_1 > v$, es ist $p$ grösser statt kleiner geworden.

Für Zerstreuungslinsen hingegen ist

$$\frac{1}{v_1} = -\left(\frac{1}{b} + \frac{1}{v}\right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (2)$$

So lange $v$ positiv ist, der Gegenstand also vor der Linse liegt, muss $\frac{1}{v_1} > \frac{1}{v}$ und sofort $v_1 < v$ sein, $v_1$ weiters negativ und $p$ positiv bleiben, was eben der Zweck ist.

Der Myops findet daher in einer vor das Auge gestellten Zerstreuungslinse das Mittel, seinen Fernpunkt hinauszurücken, und zwar wird eine um so schärfere Zerstreuungslinse erforderlich sein, um den jenseitigen Endpunkt der natürlichen Sehlinie auf eine gewisse Distanz hinauszuschieben, je grösser eben diese Distanz und je grösser die Differenz zwischen der hinteren Brennweite des dioptrischen Apparates und zwischen dem Abstand der Netzhautstabschichte vom optischen Centrum der lichtbrechenden Medien ist, mit anderen Worten, ein je höherer Grad von Kurzsichtigkeit vorliegt.

Wegen der Unveränderlichkeit von $n$, $n_1$ und $f_1$ muss in der Formel (1) $\frac{n}{p}$ wachsen, und sofort $p$ abnehmen, wenn $\frac{n_1}{f_1}$ zunimmt und sohin $f_1$ abnimmt. Es muss also die Brille eine um so kürzere negative Brennweite haben, weil eben in (2) $v_1 + c = p$ ist und $b$ abnimmt, wenn $v_1$ verkleinert wird.

Es scheint nach diesem, als müsste die Brennweite der Linse bei Gegebensein eines bestimmten Grades von Kurzsichtigkeit in einem stätigen Verhältnisse zu- und abnehmen, wenn die Distanz des Objectes steigt oder fällt. Doch dem ist nicht ganz so, die Nothwendigkeit der Zu- und Abnahme der Brennweite wird durch das Verhältniss, in welchem die beiden conjugirten Vereinigungsweiten der Zerstreuungslinse zu einander stehen, so wie durch das Adaptionsvermögen des myopischen Auges und sofort durch dessen absolute Sehweite in relativ enge Grenzen eingeschlossen. Um die Sehweite des myopischen Auges in das Unendliche zu verlängern, genügt eine Zerstreuungslinse, deren um ihren Abstand vom Auge verminderte Brennweite mit dem jenseitigen Endpunkte der natürlichen Sehlinie zusammenfällt. Mit Hilfe derselben Linse werden aber auch noch scharfe und deutliche Bilder auf der Netzhaut zu Stande zu bringen sein von Punkten, deren Abstand von der Linse der, um die Entfernung der Linse vom Auge verminderten Distanz des Nahepunktes des dioptrischen Apparates conjugirt ist. Eine Abnahme der negativen Linsenbrennweite wird erst erforderlich, wenn es sich um Punkte handelt, deren Entfernung vom Auge geringer ist, als die dem Nahepunkte des Auges conjugirte Vereinigungsweite der Linse. Es muss die Brennweite der Nulle gleich werden, wenn das Object im Nahepunkte selbst steht, wobei der Abstand der Linse vom Auge vernachlässigt wird. Es muss

jene positiv sein, es ist eine Sammellinse nothwendig, wenn der Gegenstand noch näher dem Auge rückt.

Wäre der Quotient jener Verhältnisse ein gleicher, in welchem die beiden conjugirten Vereinigungsweiten der Zerstreuungslinse sowohl als des dioptrischen Apparates je zu einander stehen, so läge in der richtigen Wahl der Zersteuungslinse ein Mittel: innerhalb der oben angegebenen Grenzen die Lichtbrechung des myopischen Auges jener im normalen Auge nahezu identisch zu machen, denn dann müsste jeder Verrückung des Accommodationspunktes durch die Linse eine der Norm entsprechende Verlängerung der Accommodationslinie parallel gehen; es müsste die jeweilig gegebene Accommodationslinie des myopischen Auges durch die Brille in jene des normalen Auges bei gleicher Adaptionsanstrengung verwandelt werden.

Es wäre dann bei Zugrundelegung der obigen Werthe und bei Vernachlässigung des Abstandes der Linse vom Auge, wenn $x, y$ die Unbekannten sind,

$$p_1 : p_1 + 0'''036 = p + x : p$$
$$\underline{\qquad p + x_1 : p = v + y : v}$$
$$p_1 : p_1 + 0'''036 = v + y : v$$

Es weichen aber diese Verhältnisse von einander ab, und daher kann auch bei gleicher Adaptionsbestrebung die Accommodationslinie des, mit einer entsprechenden Zerstreuungslinse bewaffneten, myopischen Auges niemals mit jener des normalen Auges zusammenfallen, die Accommodationslinien des myopischen Auges werden durch die Linse in einem anderen Verhältnisse variirt, als im normalen Auge ohne Linse; es entsprechen unter den genannten Umständen in den beiden Augen gleichen Accommodationspunkten verschiedene Accommodationslinien.

Immerhin jedoch dürften diese Differenzen relativ nur geringe sein innerhalb der durch die absolute Sehweite des Auges und die Brennweite der passenden Linse gesteckten Grenzen. Der mathematische Beweis dafür ist wohl nicht herzustellen, da der Quotient jenes Verhältnisses zur Zeit noch nicht erörtert werden konnte, in welchem die beiden conjugirten Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates zu einander stehen. Doch spricht dafür die grosse Übereinstimmung, welche sich ergibt aus der Vergleichung des Verhältnisses, in welchem die beiden conjugirten Vereinigungsweiten der Linse zu einander stehen, mit den Ergebnissen der Czermak'schen

Experimente bezüglich des Wechsels der Lage und Länge der Accommodationslinien. Es sind diese um so länger, je weiter der Accommodationspunkt vom Auge absteht, und die hintere conjugirte Vereinigungsweite des dioptrischen Apparates fängt erst dann an, rasch zu wachsen und sofort die Accommodationslinie auffallend zu verkürzen, wenn der Accommodationspunkt bereits sehr nahe dem Auge gerückt ist; sei es in Folge intensiver Adaptionsanstrengung oder abnormer Verkürzung des Abstandes des Fernpunktes. Etwas ganz Analoges zeigt sich nun auch in Bezug auf die Lichtbrechung in Zerstreuungslinsen.

Ist $v$ ein Punkt vor der Linse, $v + n$ ein zweiter weiter gelegener, $b$ die Brennweite der Linse, so sind die conjugirten Vereinigungsweiten $v_1$ und $v_2$

$$-v_1 = +\frac{vb}{v+b}; \quad -v_2 = +\frac{(v+n)\,b}{(v+n)+b}$$

$$(-v_1 + v_2) = -\frac{nb^2}{(v+b)^2 - n(v+b)}.$$

Die Differenz der hinteren Vereinigungsweiten wird eine um so kleinere bei gleichen Abständen zweier Punkte, je kleiner die Brennweite der Linse ist; bei gleicher Brennweite der Linse aber, je näher die beiden Objecte hereinrücken. Im Allgemeinen kann man also sagen, die Differenz der hinteren Vereinigungsweiten wird eine um so kleinere, je schärfer die Brille und je kleiner die Abstände der beiden Objecte, von der Linse gerechnet, werden. Insoferne nun die Brennweite der Linse, soll sie den dioptrischen Fernpunkt in unendliche Ferne verlegen, eben von dem Abstande des Fernpunktes bestimmt wird und nur um den Abstand der Linse vom Auge verschieden ist; kann man auch sagen, die Differenz der hinteren Vereinigungsweiten der Zerstreuungslinse werde um so kleiner, je höher der Grad der Kurzsichtigkeit ist und je mehr die beiden Objecte an das mit der Brille bewaffnete Auge heranrücken. In Anbetracht dieser Übereinstimmung wird man daher auch nicht sehr fehlen, wenn man sagt, die Differenzen der hinteren Vereinigungsweiten der richtig gewählten Zerstreuungslinse fallen, wenn die Abstände der Objecte den normalen Accommodationslinien gleich gewählt wurden, zum grossen Theile mit den Accommodationslinien des entsprechenden myopischen Auges

zusammen; diese letzteren werden durch die passende Linse in solche verwandelt, welche von denen des normalsichtigen Auges nicht sehr verschieden sind. Ist dieses aber richtig, und Experimente lassen darüber keinen Zweifel, so muss auch ein myopisches Auge, welches mit Hilfe einer entsprechenden Brille auf 15 Fuss Entfernung scharfe und deutliche optische Wahrnehmungen vermitteln kann, auch von unendlich fernen Objecten scharfe und deutliche Netzhautbilder erzeugen können, soweit nämlich die Irradiation, die Lichtabnahme und das Beugungsspectrum nicht hinderlich in den Weg treten. Daher lässt sich auch eine Scala, wie die oben beschriebene zu den Experimenten mit Brillen vortheilhaft als Object benützen.

Es ist nun aber selbstverständlich, dass in jedem einzelnen Falle mehrere Linsen von verschiedener Brennweite scharfe und deutliche scheinbare Bilder von Objecten, deren Distanz von Unendlich bis 15 Fuss variirt, in der absoluten Sehweite des myopischen Auges zu erzeugen vermögen und dass die mögliche Differenz dieser noch entsprechenden Linsenbrennweiten gerade in der Länge der absoluten Sehweite des Auges das Mass finde, welches sie nach keiner Richtung hin überschreiten darf. Es scheint also für den ersten Augenblick, als ob einem und demselben Auge mehrere Zerstreuungslinsen von verschiedener Brennweite entsprechen könnten, und die geringe Sorgfalt, welche Laien und Ärzte bei der Wahl der Brillen anwenden, lässt sich gleichsam als ein empirisches Beweismittel für die Richtigkeit einer solchen Ansicht verwerthen. Einige Überlegung führt jedoch zu einer ganz anderen Auffassung der Dinge.

Die Differenz zwischen der kürzesten und längsten unter den hinteren Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates, welche durch die Einrichtungsfähigkeit des Auges noch auf die Stabschichte der Netzhaut geleitet werden können, ist eine von der Organisation des letzteren und von der Functionskraft des Accommodationsmuskels abhängige, in jedem einzelnen Auge constante Grösse, also sind es auch die ihr conjugirten Abstände des Nahe- und Fernpunktes, die absolute Sehweite des Auges. Brillen verrücken nur scheinbar das Gesichtsobject, ändern die relative Lage desselben zum Auge, ohne jedoch jene Differenz und sofort auch die ihr conjugirte absolute Sehweite irgendwie modificiren zu können, ihre Wirkung beschränkt sich darauf, ausserhalb der absoluten Sehweite gelegene

Gesichtsobjecte in dieselbe hereinzurücken. Daher ist denn auch ihre diesfällige Leistungsfähigkeit durch die Länge der absoluten Sehweite des Auges strenge begrenzt, mit anderen Worten, die Zerstreuungslinse vermittelt im myopischen Auge nur scharfe und deutliche Wahrnehmungen von Objecten, deren Distanzen, bezüglich der Lichtbrechung in der Brille, Punkten in der absoluten Sehweite des Auges conjugirt sind.

Es ist sofort klar, dass aus allen jenen Zerstreuungslinsen, welche von unendlich entfernten Objecten scharfe und deutliche Bilder in der absoluten Sehweite des Auges erzeugen, jene das Maximum der Leistungsfähigkeit erreicht, deren in den Nahepunkt des Auges fallende hintere Vereinigungsweite der kürzesten Objectdistanz conjugirt ist, deren Brennweite also die grösste Länge innerhalb der Grenze hat, welche eben durch den Fernpunktabstand gesteckt ist, mit anderen Worten, deren Brennweite der um den Abstand der Linse vom Auge verminderten Distanz des Fernpunktes gleichkömmt. Je schärfer die Linse wird, desto mehr rückt der Nahepunkt des mit der Linse combinirten dioptrischen Apparates hinaus, desto verschwommener und undeutlicher müssen die Bilder werden, welche von näher gelegenen Objecten auf der Netzhaut erzeugt werden, und desto mehr erweitern sich die Grenzen, innerhalb welchen das brillenbewaffnete Auge scharfe und deutliche Wahrnehmungen zu vermitteln ausser Stande ist.

Aus der Grundformel $\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v} = -\frac{1}{b}$ ergibt sich nämlich $v_1 = \frac{v\,b}{v + b}$ wo $v_1$ den um den Abstand $c$ der Linse vom Auge verminderten Abstand des Nahepunktes bezeichnet.

Immerhin jedoch werden die aus diesen Verhältnissen resultirenden Fehler nie ganz zu vermeiden sein. Aus der Grundformel der Lichtbrechung in Zerstreuungslinsen ergibt sich nämlich auch, dass so lange die von einem Objecte auf die Linse fallenden Strahlen divergent sind, die hintere Vereinigungsweite stäts kleiner als die vordere conjugirte ist; dass Zerstreuungslinsen sofort in ihrer Combination mit dem dioptrischen Apparate des Auges den Nahepunkt

hinausrücken, auch wenn sie das Maximum der Leistungsfähigkeit bezüglich des betreffenden Auges erreichen.

Damit im innigsten ursächlichen Zusammenhange steht die allbekannte Thatsache, dass Myopen, welche sich zum Fernsehen der Zerstreuungsgläser bedienen, bei Besichtigung von Objecten, die ihrer Kleinheit wegen dem Auge sehr nahe gehalten werden müssen, die Brillen abzulegen sich gezwungen fühlen, ja selbst beim Lesen, Schreiben und ähnlichen Beschäftigungen in der Brille, auch wenn sie richtig gewählt ist, ein wesentliches Hinderniss des scharfen und deutlichen Sehens finden und dieses zwar auch für den Fall, als die hintere Vereinigungsweite der Brille noch jenseits des Nahepunktes reicht.

Abgesehen von der Hinausrückung des Fernpunktes kömmt betreffs dessen nämlich noch ein anderer Umstand in Betracht. Die natürliche Sehlinie des Auges ist eine unveränderliche Grösse, welche von der Brennweite des dioptrischen Apparates bei völliger Ruhe des Accommodationsmuskels bestimmt wird. Jede Verkürzung der Objectsdistanz innerhalb des Fernpunktes macht eine verhältnissmässige Anstrengung des Accommodationsmuskels erforderlich; es wird diese Anstrengung um so grösser, je näher das Object rückt, und sie erreicht ihr Maximum, wenn das Gesichtsobject in dem Nahepunkte selbst angelangt ist. Nun ist die hintere Vereinigungsweite der Zerstreuungslinsen immer kleiner als die vordere, so lange die Lichtstrahlen divergent auf die Linsen fallen und diese Differenz ist um so grösser, je schärfer die Brille ist. Sobald also ein Object in der absoluten Sehweite des Auges gelegen ist, wird die Brille zum scharfen, deutlichen Sehen des Gegenstandes eine, relativ zum freien Auge, um so stärkere Anstrengung des Accommodationsmuskels erforderlich machen, je näher sie das scheinbare Bild dem Nahepunkte entwirft, und überschreitet dieses scheinbare Bild endlich den Nahepunkt, so wird auch das Maximum der Anstrengung zur Vermittlung entsprechender Wahrnehmungen nicht mehr ausreichen. Und etwas ähnliches gilt auch von Objecten, welche jenseits des Fernpunktes gelegen sind. Bei gleichen Abständen des Gegenstandes werden Brillen, welche noch scheinbare Bilder in der absoluten Sehweite des Auges entwerfen, eine um so intensivere Kraftentwickelung des Accommodationsmuskels zum Zwecke des scharfen und deutlichen

Sehens erforderlich machen, je näher dem Nahepunkte sie die Lichtstrahlen zur Vereinigung bringen, je schärfer sie sind.

Diese unverhältnissmässige Anstrengung des Accommodationsmuskels ist es nun, welche sich beim Gebrauche von Brillen unzweckmässig kurzer Brennweite alsbald unzweideutig in dem Hervortreten von Reizerscheinungen im Auge kund gibt. Vorerst sind es die sensitiven Nervenzweige des Accommodationsmuskels, welche dessen übergrosse Intention durch schmerzhafte Erregung und gesteigerte Erregbarkeit verrathen. Das jedem Muskel eigenthümliche Gefühl von Angestrengtsein, die Empfindung einer gewissen Völle im Auge, selbst wahrer intensiver Schmerz, Empfindlichkeit gegen jeden leichten das Auge treffenden Reiz beurkunden das Gegebensein eines hyperästhetischen Zustandes und steigern sich in dem Masse, als die Anstrengung des Auges fortdauert. Das Gefässsystem bleibt nicht lange hinter den Nerven zurück und Injection der Episcleralgefässe deutet hin auf Congestionszustände im Bereiche des ciliaren Kreislaufes. Unter fortgesetzter Anstrengung des Accommodationsmuskels endlich irradiirt sich die Hyperästhesie des Ciliarnervensystems bald auf die übrigen Zweige des Quintus und auf die Netzhaut, ja auf das Gehirn, wovon flüchtige Stiche im Ausstrahlungsbezirke des Augenastes, Gefühl von lästigem Drucke in der Stirn- und Schläfengegend, mehr weniger heftige Kopfschmerzen und das Gefühl der Blendung, die Empfindlichkeit des Auges gegen selbst mässiges Licht Zeugniss ablegen. Sogar die Erregung von Entzündungen im Augapfel liegt diesen Verhältnissen nicht allzufern, und Hyperästhesien im Bereiche irgend eines Gehirnnerven finden darin erhebliche Anregungsmomente für Paroxysmen.

Es sind dieses, ganz übereinstimmend mit der aufgestellten Behauptung, dieselben Erscheinungen, welche sich im normal- und weitsichtigen Auge geltend machen, wenn es längere Zeit für sehr nahe Objecte intendirt wird beim Mikroskopiren, beim Lesen sehr kleiner Schrift, überhaupt bei längerer Betrachtung von Objecten, die ihrer Kleinheit halber dem Auge sehr nahe gehalten werden. Dass kurzsichtige Augen ohne Anwendung von Brillen unter solchen Verhältnissen weit länger aushalten, ja tagelang ohne alle Anstrengung sich solchermassen beschäftigen können, rührt nicht etwa davon her, dass der kurzen Objectsdistanz halber die Netzhautbilder

grösser werden und sofort leichter in ihrer Detailzeichnung wahrgenommen und erkannt werden. Der Vergrösserungscoëfficient ist bei gleichen Abständen und Augenaxen im kurz- und normalsichtigen Auge ein gleicher, im umgekehrten Verhältnisse zur Objectsdistanz stehender. Der Grund davon liegt einzig und allein darin, dass bei gleich kurzem Abstande des Objectes dieses um so weiter hinter dem Nahepunkte gelegen ist, und sofort seine scharfe und deutliche Abbildung auf der Netzhaut eine um so geringere Intention des Accommodationsmuskels erforderlich macht, je kurzsichtiger das Auge ist, wobei natürlich immer vorausgesetzt wird, dass das Object noch innerhalb der absoluten Sehweite des normalsichtigen und myopischen Auges stehe. Wohl aber ist in diesem letzterwähnten Verhältnisse und gleichzeitig in der Zunahme der Netzhautbildgrösse bei Annäherung des Objectes der Umstand begründet, dass Myopen gewöhnlich eine sehr kleine Handschrift schreiben und sich vorzüglich zu Geschäften eignen, die der Kleinheit ihrer Objecte wegen ein genaues und anhaltendes Sehen in sehr kurzen Distanzen mit sich bringen.

Abgesehen von der Relation der conjugirten Vereinigungsweiten der Zerstreuungslinse und deren Beziehung zur absoluten Sehweite des Auges kömmt betreffs der Leistungsfähigkeit einer Brille noch die Grösse des durch die Linse erzeugten Bildes in Betracht. Aufgabe der Brille ist es nämlich nicht nur scharfe und deutliche Bilder in der absoluten Sehweite zu erzeugen, sondern auch die Grösse des Bildes in ein solches Verhältniss zu dessen Abstand vom Auge zu bringen, dass die Dimensionen des Netzhautbildes jenen gleich oder doch sehr nahe kommen, welche das Netzhautbild im normalen unbewaffneten Auge bei gleichem Abstande des Objectes zeigt. Es ist nämlich die Netzhautbildgrösse ein Factor von hoher Wichtigkeit, indem er einerseits im engsten Bezuge steht zur Möglichkeit, die Objecte in ihrer Detailzeichnung zu erkennen; andererseits aber nebst der Convergenzstellung der Augenaxen, welche durch die Bewaffnung des Auges mit Brillen nicht modificirt wird, den hauptsächlichsten Anhaltspunkt bei der Beurtheilung der Grösse und Entfernung des beschauten Objectes abgibt.

Die Grösse des Netzhautbildes im unbewaffneten Auge steht nun bei constanten Dimensionen des Objectes und richtiger Accommo-

dation des dioptrischen Apparates im umgekehrten Verhältnisse zur Distanz des Gegenstandes und zur Ablenkung des Lichtes in den brechenden Medien, zur Stärke des Refractionszustandes des Auges; im geraden Verhältnisse aber zur Länge des Netzhautabstandes, welcher Werth jedoch für jedes einzelne Auge eine Constante ist. Sieht man von dem Abstande der Brille vom Auge ab, so ergibt sich für die Grösse des Netzhautbildes in dem mit einer Zerstreuungslinse bewaffneten Auge ein ganz gleiches Verhältniss.

Heisst nämlich $A$ die Höhe des Objectes, $A_1$ jene des von der Linse erzeugten scheinbaren Bildes und $a$ die des Netzhautbildes, so ist

$$A_1 = \frac{A\,v_1}{v} = -\frac{A\,b}{v+b}.$$

Für das freie Auge ist

$$a = \frac{A\,n\,p_1}{n_1\,p}.$$

Für das mit der Brille bewaffnete Auge aber erscheint

$$a = A_1 \cdot \frac{n\,p_1}{n_1\,(v_1+c)} = \frac{A n p_1}{n_1 v} \cdot \frac{v_1}{v_1+c},$$

wo $v = p - c$ und $c$ den Abstand der Linse vom Auge bezeichnet, seiner relativ zu $p$ sehr geringen Grösse wegen aber ohne sonderlichen Nachtheil vernachlässigt werden kann, so dass man die letzte Formel schreiben kann

$$a = \frac{A n p_1}{n_1 p} \cdot \frac{v_1}{v_1+c}.$$

Doch hat hier der quasi Refractionscoëfficient des Auges einen anderen Werth, er ist grösser; denn entweder ist das Auge kurzsichtig, und Verstärkung der Lichtablenkung ist eben das Wesen der Myopie; oder aber das Auge ist normalsichtig und dann macht die Zerstreuungslinse eine grössere Anstrengung des Accommodationsmuskels erforderlich, um ein scharfes und deutliches Bild auf der Netzhaut zu Stande zu bringen, indem eben die Zerstreuungslinse den Abstand des Gesichtsobjectes scheinbar verkürzt oder vielmehr, weil das näher stehende scheinbare Bild der Linsenbrechung als Gesichtsobject fungirt.

Es ist sofort klar, dass bei gleicher Grösse und Distanz des Objectes dessen Netzhautbild in einem mit Brillen negativer Brennweite bewaffneten Auge jederzeit kleiner sein müsse, als in dem gleichfalls richtig accommodirten freien Auge. Es können demnach

Zerstreuungslinsen den angestrebten Zweck niemals vollkommen erreichen, immer verkleinern sie das Netzhautbild und zwar relativ zu dem richtig adaptirten freien Auge um so mehr, je weiter sie das scheinbare Bild des Objectes in die absolute Sehweite hereinrücken und sofort die Grösse der erforderlichen Adaptionsanstrengung steigern, je schärfer sie relativ zu dem gegebenen Grade von Kurzsichtigkeit sind.

Insoferne geht die Netzhautbildgrösse bei der Wahl der entsprechenden Brillen bestimmend in die Verhältnisse ein. Es kann nur jene Brille als die dem gegebenen Grade von Kurzsichtigkeit entsprechende anerkannt werden, welche den aus der Verkleinerung des Netzhautbildes resultirenden Fehler möglichst geringe macht. Dieses ist aber jene Brille, welche bei einem gegebenen Objectsabstande die Accommodationsanstrengung des myopischen Auges jener des normalen freien Auges gleich macht, welche sofort ferne Gegenstände unter völliger Ruhe des Accommodationsapparates in scharfen und deutlichen Bildern auf der Netzhaut abgezeichnet erscheinen lässt, mit anderen Worten, welche von fernen Gegenständen scheinbare Bilder in dem Fernpunktabstande des Auges entwirft oder deren negative Brennweite dem, um den Abstand der Linse vom Auge verminderten Fernpunktabstande gleichkömmt.

Also nicht nur die gegebene Lage und Länge der absoluten Sehweite, sondern auch die Netzhautbildgrösse beeinflussen die Leistungsfähigkeit der Brille und in der That macht sich der letztgenannte Factor so auffällig geltend, dass Verkleinerung der Objecte schon längst als Zeichen einer zu scharf gewählten Zerstreuungslinse empirisch anerkannt worden ist. Überdies erweiset sich ferner auch noch der bereits mehrmals erwähnte A b s t a n d d e r L i n s e v o m A u g e a l s e i n M o m e n t v o n n a m h a f t e r W i c h t i g k e i t.

Da der Abstand des Fernpunktes sowohl als jener des Nahepunktes für jedes Auge gegebene, jeweilig unveränderliche, Grössen sind, beeinflusset der genannte Factor vorerst schon in einem überaus hohen Verhältnisse die absolute Sehweite des brillenbewaffneten Auges. Um das scheinbare Bild eines unendlich weit entfernten Gegenstandes in dem Fernpunktabstande des myopischen Auges zu Stande zu bringen, bedarf es einer Brille von um so kleinerer Brennweite, je weiter die Brille von dem Auge absteht; wenn aber das Zerstreuungsglas an Brennweite abnimmt, so rückt in einem sehr

raschen Verhältnisse der Nahepunkt des damit bewaffneten Auges hinaus. Ist die Linse aber eine gegebene und dem Fernpunktabstande des freien Auges entsprechend gewählte, so wird durch Entfernung der Linse vom Auge nicht nur der Fernpunkt des mit der Brille combinirten dioptrischen Apparates in einem sehr rasch wachsenden Verhältnisse hereingeschoben, sondern auch der Nahepunkt hinausgerückt, der Fern- und Nahepunkt sofort einander genähert, die absolute Sehweite verkürzt.

Diese Momente influenziren aber weiters schon an und für sich den Werth des Verkleinerungscoëfficienten des Netzhautbildes, indem sie für jeden einzelnen Objectsabstand den erforderlichen Refractionszustand des dioptrischen Apparates um ein bedeutendes verstärken und bedingen insoferne nahmhafte Differenzen zwischen den optischen Wahrnehmungen des normalen freien und des brillenbewaffneten myopischen Auges. Überdies geht der Abstand der Brille vom Auge noch direct in den Nenner der Netzhautbildgrösse ein und verursacht sehr bedeutende Abnahmen der letzteren, indem eben die hintere Vereinigungsweite der Brille eine kurze ist und der Abstand der Brille sofort einen grossen Einfluss ausübt.

Möglichste Verkürzung und völlige Unveränderlichkeit des Linsenabstandes sind daher dringendes Gebot bei dem Gebrauche der Zerstreuungslinsen und die Nichtbeachtung dessen bedingt um so grössere Fehler in den optischen Wahrnehmungen, je schärfer eben die Brillen sind.

Die Mannigfaltigkeit und Unvermeidlichkeit der aus dem Brillenabstande resultirenden Fehler macht denn auch Schlüsse aus der Leistung einer gegebenen Brille auf die Länge und Lage der absoluten Sehweite des freien Auges sehr schwierig. Wissenschaftlich genaue Daten lassen sich kaum auf solchem Wege gewinnen, indem zu viele Factoren eingehen, deren strenge Bestimmung mannigfaltigen Schwierigkeiten unterliegt, daher ist denn auch die Scala, wie sie oben beschrieben wurde, für ein brillenbewaffnetes Auge nicht ausreichend, sie macht wenigstens längere Berechnungen nothwendig, und ist nur bequem, wenn es sich um allgemeine Resultate handelt. Dann ist aber wohl zu beachten, dass die Brille unter allen Verhältnissen das Netzhautbild verkleinert, und dass sofort für jeden gegebenen Abstand die Grenzgrösse des Objectes jene des normalen und freien Auges um Etwas übersteigt.

Die nosologischen Momente der Kurzsichtigkeit, sofort auch die ätiologischen und pathogenetischen, sind überaus mannigfaltig und in jedem einzelnen Auge so verschiedener Combinationen fähig, dass eine übersichtliche Darstellung derselben nach ihrem absoluten und relativen Einflusse auf die dioptrischen Verhältnisse des Auges zu den schwierigsten und derzeit kaum lösbaren Problemen der pathologischen Optik gehört. Darum halte ich im Interesse der Deutlichkeit eine Reduction des Auges auf eine einzige Trennungsfläche mit Belassung seiner natürlichen Form und Substitution eines homogenen Inhaltes von wandelbaren Brechungsexponenten für die erspriesslichste Grundlage der nachstehenden Erörterungen. In der That erscheinen in dem Grundgesetze der Lichtbrechung eines solchermassen reducirten Auges nur drei Factoren, welche die dioptrischen Verhältnisse desselben beeinflussen. Der eine dieser Factoren ist die Länge der optischen Axe des Auges, vom Centrum der Cornealvorderfläche bis zur Stabschichte der Netzhaut gerechnet. Der andere Factor ist der für jedes Auge jeweilig constante Krümmungsradius der Trennungsfläche und der dritte Factor ist der jeweilige Refractionszustand des Auges. Im letzteren vereinigen sich gleichsam alle übrigen, aus dem anatomischen Baue der dioptrischen Medien und aus der Thätigkeit des Accommodationsmuskels resultirenden Variationen der Lichtbrechung zu einem Ganzen, diese finden in dem absoluten Brechungsexponenten des homogenen Füllungsmediums des reducirten Auges ihren optischen Ausdruck.

Es ist das Grundgesetz der Lichtbrechung

$$\frac{n_1}{p_1} + \frac{n}{p} = \frac{n_1}{f_1} = \frac{n}{f} \text{ und } \frac{n}{p} = n_1 \left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{p_1}\right),$$

wo $f_1$ und $f$, die beiden conjugirten Brennweiten des reducirten Auges, Functionen von $n_1$ darstellen.

Die optische Axe in der vorhin fixirten Bedeutung ist dem Abstande der Netzhautstabschichte, also der zum scharfen und deutlichen Sehen erforderlichen hinteren Vereinigungsweite des dioptrischen Apparates äquivalent und bestimmt sofort bei Constanz des Krümmungsradius der Trennungsfläche und unveränderlich gedachtem Refractionszustande der lichtbrechenden Medien die Lage und Länge der natürlichen Sehlinie, also auch den Abstand des Fernpunktes und damit das Abhandensein und Gegebensein der Myopie, sowie den Grad derselben.

Sie schwankt schon in der Norm innerhalb ganz ansehnlich weiter Grenzen, ohne sich durch Beschränkung der absoluten Sehweite zu offenbaren, indem der zweite und dritte Factor durch seine möglichen Veränderungen das Mittel zur Fehlercorrection abgibt. Doch haben diese Variationen des Refractionszustandes des Auges ihre Grenzen und diese bestimmen denn auch den Übergangspunkt der normalen in die abnorme Axenlänge des Auges.

Es ist diese Axenverlängerung des Bulbus in sehr vielen Fällen begründet durch Krümmungsanomalien der Sklera.

Diese finden ihren nächsten Grund wieder sehr häufig in mechanischen Ausdehnungen des krankhaft afficirten Gefüges der Albuginea und kommen dann unter der Form der sogenannten Skleralstaphylome zur Wahrnehmung. In ihnen erreicht die krankhafte Verlängerung der optischen Axe das Maximum. Doch lässt sich von denselben als nosologischen Momenten einer wahren Kurzsichtigkeit nicht sprechen, da sie eben pathologischen Processen auf Rechnung gehören, welche die Functionstüchtigkeit der Netzhaut immer im hohen Grade beeinträchtigen oder ganz aufheben. Und es gilt dieses sowohl von den Ausdehnungen der hinteren als der vorderen Hälfte der Sklera, sowie von dem sogenannten totalen Skleralstaphylome. Bei den Ektasien der vorderen Skleralhälfte kömmt noch die gleichzeitige Vergrösserung der Skleralöffnung mit davon abhängiger Verdünnung und Krümmungsveränderung der Cornea in Betracht.

Nosologische Momente der Kurzsichtigkeit sind demnach nur Krümmungsabweichungen der Sklera, welche, eine Verlängerung der optischen Axe begründend, die Energien des lichtempfindenden Apparates in keiner Weise benachtheiligen. Sie kommen als angeborne Formfehler des Auges vor. In niederen Graden sind sie nur an der Leiche durch directe Messungen zu eruiren. In höheren Graden aber machen sie sich am Cadaver schon dem ungeübten Auge durch sehr auffälliges Überwiegen des longitudinalen über den äquatorialen Durchmesser bemerkbar, der Bulbus nähert sich einigermassen der Cylinderform. Ja schon im Lebenden beurkunden sich diese Anomalien, wenn sie höhere Grade erreicht haben, durch ungewöhnliches Vorspringen des Bulbus und sofortige starke Wölbung der Lider. Stark prominirende, glotzende Augen, deren äquatorialer Durchmesser nicht proportional vergrössert erscheint, sind sehr

häufig in hohem Grade myopisch. Sie sind es nicht immer, weil in reichlicher Entwickelung des Fettpolsters der Orbita ein Moment gegeben ist, welches normal gebildete Augen ebenfalls vorspringen macht und noch manches andere Bildungsverhältniss auf diese Erscheinung Einfluss nehmen kann, so zwar, dass das Glotzen geradezu mit dem entgegengesetzten Zustande, mit Presbyopie, sich zu paaren vermag.

Der Einfluss der Axenlänge $p_1$ des Auges auf die Lage des Fernpunktes $p$ ergibt sich am besten aus der Substitution $n = 1$, $n_1 = 1 \cdot 533$. Für das normale Auge ist $f_1 = p_1 = 9'''934$, da $p = \infty$ ist. Für $p_1 = 10'''6$, also eine Verlängerung der optischen Axe um $0'''666$ ergibt sich $p = 8''6$; für $p_1 = 11'''$, d. i. eine Verlängerung um $1'''066$ aber wird $p = 5''58$.

Selbstverständlich ist die Myopie dieser Art immer angeboren und kann wohl auch erblich werden. Sie macht sich alsbald geltend, sobald das Kind mit Objecten der Aussenwelt sich zu beschäftigen anfängt und steigert sich von da an ganz gewöhnlich bis zur Grenze des Mannesalters, indem der fehlerhaften Bildungsanlage conform der Bulbus fortfährt, sich vorwaltend nach der Längendimension zu vergrössern, ohne dass damit eine verhältnissmässige Änderung des Refractionszustandes in dem dioptrischen Apparate parallel gienge.

Es ist dieses jene Form der Myopie, welche man seit der Zeit, als die Schieloperation die Gemüther aller Oculisten aufregte, als mechanische oder musculare Kurzsichtigkeit zu beschreiben pflegt. Man glaubt nämlich einen causalen Zusammenhang supponiren zu dürfen zwischen der Verlängerung des Augapfels und der Thätigkeit seiner Muskeln. Doch haben die Untersuchungen der Neuzeit diesen Nexus als nicht gegeben herausgestellt, indem sie darthun, dass, falls die Augenmuskeln in der That Gestaltveränderungen des normalen Bulbus zu begründen stark genug wären, die Zugwirkung derselben den Druck überbieten müsste und sodann in dem Widerstande der Orbitalgebilde einerseits und in dem Widerstande, welchen der Lidschliessmuskel und die Zugwirkung der geraden Augenmuskeln jener der beiden schiefen entgegensetzen, anderseits eher die Bedingungen für eine Axenverkürzung gegeben sein müssten. Die angeblichen Heilungen der Myopie durch Myotomie finden darin den Massstab ihres Werthes und es bedarf gar nicht weiter der Hinweisung auf den Umstand, dass verschiedene Operateure die Heilung durch Trennung sehr verschiedener Augenmuskeln, bald der geraden,

bald der schiefen, erzielt zu haben behaupten; während wieder die Durchschneidung eines und desselben, geraden oder schiefen, Muskels verschiedenen Berichterstattern zufolge ganz entgegengesetzte Resultate gehabt haben soll.

Ruete (Lehrb. der Ophth. 1853, S. 227) hat bereits die Unrichtigkeit jener Behauptungen erkannt und den Zusammenhang einer abnormen Thätigkeit der geraden Augenmuskeln mit Myopie theoretisch und praktisch in die richtigen Grenzen eingeengt. Er fand, dass in gewissen Fällen die Convergenz der Augenaxen ständig eine zu grosse sei und dem zufolge die Kranken nach und nach gewöhnt werden, nur nahe Gegenstände zu betrachten, worin eben ein ätiologisches Moment der Kurzsichtigkeit gelegen ist, wie das später Mitzutheilende lehrt. Dass unter solchen Verhältnissen, und nur unter diesen, eine Myotomie von günstiger Wirkung sein könne, ist klar und wird auch durch die Erfahrung bestätiget.

Häufiger noch, als in Krümmungsveränderungen der Sklerotika, finden Axenverlängerungen des Auges ihren nächsten Grund in einem normwidrigen Hervortreten des Centrums der Cornealvorderfläche. Insoferne nun Functionstüchtigkeit der Netzhaut zum Begriffe der Myopie als eines rein dioptrischen Fehlers gehört, sofort Ausdehnungen der vordern Skleralhälfte und damit auch Vergrösserungen der Hornhautöffnung ausgeschlossen sind: kann es sich hier nur um ein normwidriges Hervortreten der Cornealmitte als Folge vermehrter Krümmung der Hornhaut, als Folge einer Verkürzung des Krümmungsradius, handeln. Der Radius der Cornealvorderfläche geht aber in die Brennweite des dioptrischen Apparates ein.

Es ist für das reducirte Auge

$$f_1 = \frac{n_1 r}{n_1 - n} \text{ und}$$

$$f = \frac{n r}{n_1 - n}.$$

Vortreibungen der Cornealmitte beeinflussen daher auf eine zweifache Weise die Länge und Lage der natürlichen Sehlinie mit dem Fernpunkte und verkürzen die Werthe derselben in einem, wahrhaft staunenerregenden hohen Grade; denn es genügt z. B. ein Hervorrücken des Cornealcentrums um 0‴184 mit sofortiger Verkürzung des Krümmungshalbmessers der vorderen Hornhautoberfläche

15*

um 0‴456, auf dass unter übrigens normalen Verhältnissen der Fernpunkt des Auges auf 3″ heranrücke.

Es sei Fig. III, $OO^1$ die verlängerte optische Axe des Auges, $CC$ die Cornea, deren Öffnung $ad = d = 2‴25$ angenommen wird. Der Radius der vorderen Cornealoberfläche sei $bc = ac = a = 3‴456$, und nehme durch Hervortreten des Centrums $b$ auf $b_1$ um 0‴456 ab, so dass $b_1 c_1 = a c_1 = a_1 = 3‴$ wird. Es ist nun

$$\frac{d}{a} = \sin \alpha = 0 \cdot 651; \quad \frac{d}{a_1} = \sin \beta = 0 \cdot 75$$

$$\gamma = 7°58'; \quad \sin \gamma = 0 \cdot 1386$$

$$c_1 c = \frac{a_1 \, . \, \sin \gamma}{\sin \alpha} = 0 \cdot 64$$

$$b c_1 = a - c_1 c = 2 \cdot 816; \; b_1 b = a_1 - b c_1 = 0 \cdot 184.$$

In der Grundformel

$$\frac{n_1}{p_1} + \frac{n}{p} = \frac{u_1}{f_1}$$

erscheint daher

$$p_1 = 9 \cdot 934 + b_1 b = 10‴118 \text{ und}$$

$$f_1 = \frac{n_1 r}{n_1 - n} = 8‴6, \text{ wo } r = 3‴.$$

Es ist also

$$p = \frac{n}{n_1} \, . \, \frac{p_1 f_1}{p_1 - f_1} = 3‴74 = 3 \cdot 1‴$$

So geringe Differenzen in dem Halbmesser der Hornhautkrümmung sind aber in der That dem freien Auge ganz unkenntlich, sie können nur durch die sorgfältigsten parallaktischen Messungen am Lebenden mit Sicherheit constatirt werden. Stampfer's diesfällige Untersuchungen haben nun zwar seinen mündlichen Mittheilungen zufolge eine Abhängigkeit der Myopie von solchen Krümmungsanomalien der Cornea bis jetzt noch in keinem Falle dargethan; doch zweifle ich nicht, dass die Kurzsichtigkeit bisweilen bei scheinbar normal gebildeten Augen allein auf Krümmungsabweichungen der Cornea beruhen möge; wobei ich indessen nicht umhin kann, nochmals zu bemerken, dass es sich hier um ausnehmend kleine, dem freien Auge unmerkbare Differenzen handle, der von vielen Autoren behauptete Zusammenhang von Myopie mit sichtlich vergrösserter Vorderkammer, als mit einer Folge stärkerer Cornealwölbung, sofort nur ein eingebildeter und in ganz anderen Verhältnissen begründeter sei.

Dem freien Auge merkbare Krümmungsanomalien involviren dem Gesagten zufolge schon Grade der Kurzsichtigkeit, welche durch Concavbrillen, vermöge deren nothwendigen Abstand von der Cornea, bereits unverbesserlich sind und daher auch meisthin als amblyopische Schwäche des lichtempfindenden Apparates betrachtet und beschrieben werden.

Sie kommen häufig vor, indem sie ebensowohl, wie die Abplattungen der Cornea, sehr günstige Chancen ihres Zustandekommens in Verletzungen und Geschwüren der Hornhaut mit nachfolgender Anbildung schrumpfender Narbensubstanz finden. Sie sind es, welche den Erfolg künstlicher Pupillenbildungen ungemein oft völlig zu nichte machen, insbesondere aber excentrische Pupillen sehr stark in Misscredit gebracht haben. Excentrische Pupillen werden eben nur angelegt, wo das Hornhautcentrum durch krankhafte Processe getrübt ist, sofort die Bedingungen zur Abweichung der Krümmung gegeben sind; während centrale Pupillen in den allermeisten Fällen nur bei völliger Integrität der Cornea, also bei normaler Krümmung ihrer Oberflächen, künstlich eröffnet werden können. Nur die völlige Vernachlässigung physicalischer Untersuchungen erklärt es, wie ein auf Prognose und Therapie so stark influenzirendes Moment gänzlich übersehen werden konnte, und unter den Indicationen der Pupillenbildung bisher noch keine Stelle gefunden hat. Man zog es gründlichen Untersuchungen vor, einfach eine Amblyopie zu supponiren, wo künstliche Pupillen bei genügender Öffnung dennoch kein Sehen vermittelten und war sofort auch gezwungen, eine eigene Art von Amblyopie zu creiren, bei der der Kranke das Licht und wohl gar einzelne Abstufungen der Farbe zu unterscheiden vermag, durch die künstliche Pupille aber deutliche Wahrnehmungen nicht gewinnt.

Es ist nach dem Gesagten an und für sich klar, dass Krümmungsabweichungen höherer Grade, wie sie im durchsichtigen Cornealstaphylom mit Narbeneinlagerungen zur Beobachtung kommen, die Projection selbst verschwommener Bilder auf der Netzhaut und sofort auch die Wahrnehmung äusserer Objecte durch den Gesichtssinn völlig unmöglich machen und dieses um so mehr, als nicht einmal eine Correction durch geeignete Gläser denkbar erscheint.

Hier nämlich, wie in dem vorigen Falle, geht nicht nur die Axenverlängerung des Auges und die Verkürzung des Krümmungshalbmessers der Cornea in die Verhältnisse ein, sondern auch eine Unre-

gelmässigkeit der Krümmung, ein Heraustreten der Wölbung aus der Form einer Rotationsfläche und eine Schiefstellung ihrer Axe zur optischen Augenaxe. Das nothwendige Resultat solcher Anomalien sind natürlich Verzerrungen der auf der Netzhaut zu Stande kommenden Lichtbilder, indem die Lichtkegel, deren Durchschnitte jene Lichtbilder sind, selbst unregelmässig geformte werden.

Bei höhergradigen Krümmungsabweichungen treten diese Verzerrungen nun wohl nicht leicht als solche in die Wahrnehmung, da die die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise zu gross sind, und in zu grosser Anzahl sich gegenseitig decken, als dass die Netzhaut die Form der einzelnen zu sondern im Stande wäre. Wohl aber machen sich diese Verzerrungen sehr bemerklich, wenn die nebenhergehende Axenverlängerung des Auges und die Verkürzung des Krümmungshalbmessers der Hornhaut keine so bedeutende ist, dass der dritte Factor der Lichtbrechungsverhältnisse im dioptrischen Apparate nicht mehr ausreichen würde, um das Auge wenigstens für gewisse Objectsdistanzen zu accommodiren. Es paart sich dann die Myopie mit dem sogenannten Visus incorrectus oder Astigmatismus, d. i. Gegenstände, welche in die der deutlichen Sehweite des Auges stehen, oder mittelst Brillen in die deutliche Sehweite scheinbar versetzt werden, erscheinen, der Krümmungsirregularität der Hornhaut entsprechend, nach dieser oder jener Richtung hin verlängert, verkürzt, gekrümmt, geknickt u. s. w.

Leider gehen, obwohl Fälle von ausgesprochenem Astigmatismus nicht gar seltene Vorkommnisse sind, directe Messungen solcher Cornealverkrümmungen zur Zeit noch völlig ab, und es fehlen daher auch die nothwendigen Anhaltspunkte für eine wissenschaftliche Begründung des Gesagten. Ein tieferes Eingehen in die Verhältnisse würde wahrscheinlich auf Irrwege führen, wesshalb ich mich darauf beschränke, Cornealverkrümmungen als den häufigsten Grund des Astigmatismus anzudeuten. Es dünkt mir dieses mehr als wahrscheinlich in Anbetracht des überwiegenden Einflusses, welchen die Cornealvorderfläche auf die Lichtbrechungsverhältnisse des Auges ausübt, und weiters in Anbetracht einiger beobachteter Fälle, in welchen dem freien Auge sichtbare Unregelmässigkeiten der Cornealvorderfläche und der von ihr reflectirten Spiegelbilder mit formell ganz entsprechenden Verkrümmungen der Netzhautbilder erwiesen werden konnten.

So stark aber auch Axenverlängerungen des Auges und Krümmungsdifferenzen der Cornea die Länge und Lage der absoluten Sehweite beeinflussen, so lässt sich dennoch die überwiegende Wichtigkeit des drittgenannten Factors keinen Augenblick übersehen. Nicht sowohl die Grösse seiner möglichen Schwankungen, als vielmehr die Häufigkeit seiner Abweichungen von der Norm sind es, welche ihn zu der ergiebigsten Quelle von dioptrischen Gesichtsfehlern, zur häufigsten Ursache der Kurzsichtigkeit machen. Er ist Function mehrerer veränderlicher Grössen, er wächst und fällt mit diesen in geraden, aber sehr verschiedenen Verhältnissen, daher denn auch Abweichungen dieser Grössen von der Norm die Lichtbrechungsverhältnisse des dioptrischen Apparates mittelbar durch die Variationen des genannten Factors in sehr differenten Graden modificiren und einer speciellen Erörterung nothwendig bedürfen. Die richtige Beurtheilung der einzelnen Grössen je nach ihrem Einflusse auf den Refractionszustand des Auges führt dann unmittelbar zur Einsicht in jene Abweichungen, welche Combinationen solcher Fehler in den optischen Wahrnehmungen nothwendig bedingen müssen.

Der anatomischen Ordnung folgend, drängt sich dem Forscher zuerst das Gefüge der Hornhaut auf, welches durch seinen Brechungsexponenten die Refractionszustände des Auges influenzirt. Leider ist nicht einmal der normale Werth desselben mit der wünschenswerthen Genauigkeit eruirt, viel weniger sind es daher die Grenzen, innerhalb welchen derselbe ohne Beeinträchtigung der normalen Structurverhältnisse und der optischen Gleichartigkeit zu schwanken fähig ist. Man kann demnach Differenzen des Cornealbrechungsexponenten bisher nur als mögliche Quellen dioptrischer Gesichtsfehler ansehen, ohne irgend eine Basis zu haben, auf welche sich Vermuthungen über die Häufigkeit und Grösse dieser Abweichungen bauen liessen.

Eine Erhöhung des Brechungsexponenten von 1·339 auf 1·4 und eine sofortige Substitution $m_2 = \frac{1 \cdot 337}{1 \cdot 4}$ und $m_1 = 1 \cdot 4$ in die Formeln ergibt $d = -0'''0329$, also $D = -30'''39$, ein Hereinrücken des Fernpunktes auf $30'''39$.

Der Parallelismus der beiden Oberflächen der Descemeti und die jedenfalls geringe Differenz zwischen dem Brechungsexponenten der Cornealsubstanz und des *Humor aqueus*, die Kleinheit des relativen Brechungsexponenten für die Lichtrefraction an der Hinter-

fläche der Cornea macht, dass Krümmungsanomalien dieser letztgenannten Trennungsfläche unter allen Verhältnissen nur sehr geringfügige Änderungen in der Länge der hinteren Vereinigungsweite der Lichtstrahlen begründen können, Änderungen, welche nahezu verschwindend genannt werden dürften, da eben namhafte Krümmungsabweichungen der hinteren Cornealfläche ohne solche der vorderen kaum denkbar erscheinen und der dioptrische Effect der letzteren dann nothwendig unverhältnissmässig vorschlagen muss.

Der vorgenannte Grund macht denn auch Abweichungen des *Humor aqueus* bezüglich seiner Dichtigkeit, so weit dieses ohne Verlust der optischen Gleichartigkeit möglich ist, unfähig, als selbstständige Quelle merkbarer dioptrischer Gesichtsfehler aufzutreten. Wohl aber sind Verminderungen seiner Masse durch Verkürzung der Kammeraxe und sofort durch Vergrösserung des Netzhautabstandes vom optischen Centrum des dioptrischen Apparates fähig, vorübergehend und selbst dauernd Myopie zu erzeugen, wobei es natürlich sich von selbst versteht, dass es sich hier nur um ganz bedeutende Differenzen in der Kammeraxenlänge handeln könne.

Es liegt auf der Hand und bedarf keines näheren Beweises, dass Dichtigkeitszunahme des Krystallkörpers den Ablenkungswinkel der passirenden Lichtstrahlen vergrössern und sofort in der mit dem Lebensalter allmählich fortschreitenden Entwickelung der Krystalllinse ein Moment gegeben sein müsse, welches auf die Lage des Fernpunktes bestimmend mitwirkt, denselben hereinrückt. Und doch lehrt die tägliche Erfahrung das Gegentheil, sie stellt es ausser Zweifel, dass der Regel nach die Überschreitung des vierzigsten Lebensjahres bei unveränderter Lage des Fernpunktes den Nahepunkt in einem namhaften Grade hinausschiebe, dass die Periode des höheren Mannesalters sich meisthin mit Weitsichtigkeit paare, wenn früher das Auge ein normalsichtiges gewesen war.

Es ist dieses ein scheinbarer Widerspruch, welcher sich jedoch sehr leicht löst, wenn man in Betracht zieht, dass die relativen Brechungsverhältnisse der Linse, welche hier massgebend sind, mit der Zunahme des absoluten Brechungsexponenten nicht in gleichem Verhältnisse wachsen und abnehmen, sondern in einem viel geringeren; dass sofort ihre möglichen Variationen, vermöge der Engheit ihrer Grenzen, rücksichtlich des Einflusses auf die Ablenkung der

Lichtstrahlen zurückbleiben hinter dem Effecte, welchen die bedeutenden Differenzen, deren die Krümmungshalbmesser der vielen Trennungsflächen der Linse in der Norm fähig sind, unzweifelhaft erkennen lassen, indem eben die Accommodation des Auges für die Nähe erwiesener Massen nur das Resultat einer Verkürzung der Krümmungsradien sämmtlicher Trennungsflächen des Krystalles darstellt. Diese Verkürzung des Krümmungsradius der einzelnen Trennungsflächen setzt nun eine gewisse Biegsamkeit der den Krystall zusammensetzenden Schichten voraus; mit der Verdichtung der Linsenelemente wächst aber der Widerstand, welcher dem Accommodationsmuskel entgegengesetzt wird, und sofort verengern sich auch die Grenzen, innerhalb welchen der Krystall seine Krümmungshalbmesser zu wechseln im Stande ist, der Nahepunkt rückt hinaus und das ist es eben, was man im Allgemeinen als Weitsichtigkeit betrachtet.

So wichtig also auch die Dichtigkeitsverhältnisse des Krystalles in Bezug auf die Dioptrik des Auges seien, so können sie doch nur als untergeordnete Momente angesehen werden; die Form des Krystalles überwiegt sie offenbar um ein Bedeutendes, nicht nur bezüglich ihres Einflusses auf die Lichtablenkung, sondern auch in Bezug auf die Häufigkeit der Fälle, in welcher sie dioptrische Gesichtsfehler bedingt. Es unterliegt dieses nach den Resultaten, welche die Untersuchungen myopischer Augen mittelst des Cramer'schen Ophthalmoskopes geliefert haben, keinem Zweifel (Het Accommodatievermogen etc., pag. 146), denn die Stellung der Linsenspiegelbilder ist jener gleich, welche in normalsichtigen Augen während deren Accommodation für die Nähe beobachtet wird; das Spiegelbild der vorderen Linsenfläche erscheint kleiner und von jenem der hinteren Fläche um ein Namhaftes entfernt, ein Verhältniss, welches nur allein aus einer Convexitätsvermehrung der beiden Kapselhälften erklärbar ist und eine Verkürzung der Krümmungsradien der einzelnen Trennungsflächen des Krystalles nothwendig in sich schliesst. Leider fehlen noch Messungen dieser zu beobachtenden Formveränderungen des Krystalles und damit auch die Anhaltspunkte für Schlüsse auf die Grösse jener Abweichungen, welche bestimmten Graden der Kurzsichtigkeit entsprechen.

In der Verbindung des Ophthalmoskopes mit zweckdienlichen Messapparaten eröffnet sich der physiologischen und pathologischen

Optik ein weites Feld künftiger Forschungen, welchen nicht nur diese Lücke auszufüllen vorbehalten ist, sondern welche auch bestimmt sind, zur richtigen Einsicht in jene Verhältnisse zu führen, in welchen die beobachteten Krümmungsdifferenzen der Trennungsflächen des Krystalles zu anderen, dioptrische Gesichtsfehler begründenden, Momenten steht; denn es lässt sich nach dem vorhin Gesagten nicht übersehen, dass die Convexitätsvermehrung der Krystallschichten in manchen Fällen als nöthiges Correctionsmittel von Anomalien anderer Bestandtheile des dioptrischen Apparates zu fungiren berufen sein könne.

Krümmungsabweichungen des Krystalles sind bisweilen angeboren. Die Möglichkeit des Vorkommens einer in Formfehlern der Linse begründeten Myopia congenita erscheint sofort unleugbar. Den bisherigen Beobachtungen zufolge dürfte sie öfter mit *Visus incorrectus* gepaart sein, da eben dem freien Auge erkennbare Krümmungsanomalien bisher immer mit auffälliger Unregelmässigkeit der Wölbung verbunden gesehen wurden.

Ähnliche Irregularitäten hängen jenen Krümmungsabweichungen des Krystalles an, welche in manchen seltenen Fällen in Folge gestörter Vegetationsverhältnisse der Linse, partieller staariger Zerfällniss und Aufsaugung, erworben werden und sofort auch einer mit Astigmatismus combinirten *Myopia acquisita* zu Grunde liegen können.

Jedenfalls verschwinden diese Fälle ihrer Zahl nach gegen jene, in welchen die der Myopie zu Grunde liegenden Convexitätsvermehrungen des Krystalles in Folge übermässiger und anhaltender Anstrengung des Accommodationsmuskels erworben und frei von Irregularitäten sind, indem eben der Accommodationsmuskel mittelbar durch das Petit'sche Wasser auf die Peripherie der Linse und zwar auf alle Punkte derselben gleichmässig wirkt, Verkrümmungen der Oberflächen und damit auch alle übrigen Trennungsflächen sofort ausschliesst. Das Zusammenhalten der Resultate, welche das Cramer'sche Ophthalmoskop liefert, mit den Ergebnissen statistischer Forschungen über das Vorkommen und den möglichen ätiologischen Grund der Myopie lassen darüber keinen Zweifel.

Es stellen die letzteren nämlich mit Bestimmtheit heraus, dass die Erwerbung der Myopie in den allermeisten Fällen in die

Periode zwischen dem achten und sechzehnten Lebensjahre falle, und dass damit nicht etwa Evolutionsverhältnisse im nächsten Zusammenhange stehen, sondern nur allein die Anstrengungen, welche der Accommodationsapparat in dieser Lernepoche behufs der Erwerbung von Kenntnissen oder gewisser manueller Fertigkeiten zu machen gezwungen wird; denn ein bedeutendes procentarisches Verhältniss der Myopen zu Normal- und Weitsichtigen findet sich nur dort, wo eben diese Bedingungen gegeben sind: bei Jünglingen, welche sich den ernsteren Studien widmen, oder aber ihr Fortkommen in Geschäften suchen, die ein anhaltendes Sehen in die nächste Nähe erfordern, endlich bei Mädchen jener Bürgerclassen, welche ihre Lebenszeit nicht im Nichtsthun vergeuden können, sondern angewiesen sind, sich in feineren weiblichen Arbeiten eine Quelle redlichen Erwerbes zu eröffnen.

Eine gewisse, in den Organisationsverhältnissen des Auges begründete Anlage zur Myopie lässt sich nun freilich nicht abstreiten, weil eben die Zahl der die Kurzsichtigkeit acquirirenden Individuen der genannten Kategorien nur eine procentarische, wenn auch hohe ist. Ja die Existenz einer solchen Disposition lässt sich sogar durch Thatsachen begründen.

Elasticität ist nämlich als Attribut des normalen Krystalles nachgewiesen. Sie gibt das Moment ab, welches den Krystallkörper zur früheren Form zurückführt, wenn er unter dem Drucke des Accommodationsmuskels seine Krümmungshalbmesser verkürzt hatte und der Contractionsnisus dieses Muskels verringert wird. Doch ist diese Elasticität keine absolute. Cramer (l. c. p. 144) hat dieses schon durch die Beobachtung nachgewiesen, dass an den ausgeschnittenen Augen frisch getödteter Seehunde der Krystall die Fähigkeit verliere, in seine normale Form zurückzukehren, wenn er längere Zeit hindurch in Folge eines heftigen, auf den Accommodationsmuskel einwirkenden, elektrischen Stromes gedrückt und in der das Nahesehen vermittelnden Gestalt erhalten worden war. Ein ganz gleiches Verhältniss offenbart sich am lebenden Menschen. Anhaltendes, angestrengtes Sehen in die nächste Nähe, anhaltende Arbeiten am Mikroskope oder Fernrohre u. s. w. machen das Auge vorübergehend kurzsichtig und diese Kurzsichtigkeit ist eben nichts als der Ausdruck für eine, nach Aufhören des Accommodationsdruckes andauernde Convexitätsvermehrung der Linse, also für eine zeitweilige Unfähigkeit

des Krystallkörpers, unter allmählicher Vergrösserung des Fernpunktabstandes in seine frühere Form zurückzukehren, für die, durch anhaltende Spannung herbeigeführte Schwächung, Verminderung seiner Elasticität.

Das Mass der Adaptionsanstrengungen, welches in jedem einzelnen Falle erfordert wird, um die Elasticität des Krystalles vorübergehend in einem gewissen Grade zu schwächen, sowie die Zeit, innerhalb welcher die Linse unter solchen Verhältnissen in ihre frühere Form zurückgeht und sofort das für die nächste Nähe adaptirte Auge wieder für die natürliche Sehlinie einrichtet, ist nun eine nach den Individuen variable. Manche Augen vertragen sehr anhaltende und sehr intensive Anstrengungen des Accommodationsapparates, ohne dass die darauf sich einstellende Myopie hohe Grade erreicht und länger als einige Minuten andauert. Andere Augen hingegen offenbaren schon nach relativ kurzen Intentionen für sehr grosse Nähe ihre Affection durch hochgradige und viele Stunden andauernde Myopie. In diesen Verhältnissen spricht sich klar eine individuelle Verschiedenheit der dem Krystallkörper zukommenden Elasticitätsgrade aus und geringe Grade von Elasticität sind eben das, was man als disponirendes Moment der Myopie bezeichnen kann.

Die Elasticität lässt sich nämlich gewissermassen als der Ausdruck des Widerstandes betrachten, welchen die Theilchen einer gegenseitigen Verschiebung, nicht Trennung, von Seite einer äussern Kraft entgegensetzen. Je geringer die Elasticität, je geringer der Widerstand der Theilchen ist, um so früher und leichter können sie in ihrer gegenseitigen Verschiebung wieder ins Gleichgewicht treten, d. h. die Fähigkeit verlieren, in ihre frühere gegenseitige Lage zurückzukehren. Die Anwendung dessen auf den Krystallkörper als den dioptrischen Theil des Accommodationsapparates macht jede weitere Erörterung über den Zusammenhang anhaltender Adaptionsbestrebungen für die Nähe mit ständigen Convexitätsvermehrungen der Linse, wie sie sich objectiv durch die Stellung und Grösse der Spiegelbilder, subjectiv durch Kurzsichtigkeit offenbaren, überflüssig; ja selbst das schnellere und langsamere Zustandekommen höherer und niederer Grade der Myopie findet darin eine genügende Erklärung.

Ist Verlust der Elasticität sofort gleichbedeutend mit Herstellung des Gleichgewichtszustandes in den Attractionskräften der aus ihrer

normalen Stellung verschobenen Theilchen, so ist es klar, dass der Grad einer solchermassen erworbenen Myopie im Verhältnisse stehen müsse zur Grösse des bedingenden Accommodationsdruckes; dass um so höhere Grade der Myopie in dem genannten ätiologischen Momente ihren Entstehungsgrund finden, je stärkere Intentionen des Accommodationsmuskels eine bestimmte anhaltende Beschäftigung erheischt; dass Graveure, Uhrmacher u. dgl. sohin leicht höhere Grade der Kurzsichtigkeit acquiriren, als Schreiber u. s. w., dass endlich die üble Gewohnheit mancher Kinder, zu betrachtende Objecte über Bedarf dem Auge zu nähern, die Myopie verhältnissmässig zu steigern fähig sei.

Es ist aber auch klar, dass auf solche Weise der Fernpunkt des Auges niemals über das jenseitige Ende jener Linie hereingerückt werden könne, für welche der dioptrische Apparat während der die Myopie begründenden Beschäftigungen eingerichtet ist, dass sofort der Grad der Myopie in dem zur Arbeit erforderlichen Accommodationszustande seine obere Grenze finde, welche er nie übersteigen kann, ja weithin in den meisten Fällen nicht einmal erreicht, indem eben die Elasticität des Krystalles immerhin eine sehr bedeutende ist und ein völliger Verlust derselben bezüglich der spannenden Kräfte nicht leicht eintreten kann. Es handelt sich daher, wie auch die Erfahrung bestätiget, meisthin nur um eine Verminderung der Elasticität; die Theilchen streben mit dem Nachlassen des Accommodationsdruckes noch immer in ihre frühere Lage zurückzukehren, sie kommen aber früher ins Gleichgewicht, als sie diese erreicht und daher die verkürzten Krümmungsradien ihre normale Länge wieder erlangt haben.

Es liegt daher auf der Hand, dass diese ätiologische Form der Myopie so wenig wie die übrigen Formen, bei welchen der Accommodationsapparat ganz unberührt bleiben kann, die Adaptionsfähigkeit des Auges nothwendig aufhebe, indem eben die Functionstüchtigkeit des Accommodationsmuskels und der Rest der Linsenelasticität einen Gestaltwechsel des Krystalles fürder noch ermöglichen; die ständig gewordene Verkürzung der Krümmungshalbmesser schliesst nur eine Verkürzung der absoluten Sehweite durch Hereinrückung des Fernpunktes in sich, die Lage des Nahepunktes wird nur mittelbar von ihr beeinflusset, betreffs deren ist nur die fortan noch wirksame Grösse des Accommodationsdruckes bestimmend.

Wie jeder andere Muskel ist nun auch der die Accommodation für die Nähe vermittelnde der Übung fähig. Die tägliche Erfahrung lehrt es, dass namhaftere Anstrengungen des Accommodationsapparates, z. B. beim Mikroskopiren, anfänglich leicht Gefühle des Missbehagens, selbst Schmerzen im Auge u. s. w. hervorrufen, späterhin aber leicht ohne alle lästigen Empfindungen durch Stunden fortgesetzt werden können und dieses nicht nur dort, wo der Accommodationsmuskel durch ständige Convexitätsvermehrung des Krystalles grösserer Mühewaltungen überhoben worden ist, sondern auch in jenen Fällen, wo bei Integrität der Linsenelasticität der Accommodationsmuskel nach wie vor einen gleichen Widerstand zu überwinden hat. Es spricht sich hierin eine Erstarkung des fraglichen Muskels aus und darf ich auf einige diesfällige Untersuchungen Schlüsse bauen, so muss ich die erwähnte Erstarkung einer Massenzunahme, einer Vermehrung der componirenden Muskelfibrillen, auf Rechnung setzen.

Bei der in Rede stehenden ätiologischen Form der Myopie sind die Theilchen der Linse nur für den, einem gewissen Accommodationsdrucke entsprechenden Grad gegenseitiger Verschiebung ins Gleichgewicht getreten. Für jede grössere Verschiebung von Seite des auf sie wirkenden Accommodationsdruckes besteht ein solches Gleichgewicht noch nicht. In der Erstarkung des Accommodationsmuskels liegt nun das Moment, welches den Accommodationsdruck über das normale Maximum zu erheben und sofort Krümmungsvermehrungen der Linse zu vermitteln im Stande ist, wie sie in dem normalen Auge nicht ermöglicht sind. Es ist sofort die Möglichkeit gegeben, dass die Hereinrückung des Fernpunktes, welche durch die Convexitätsvermehrung der Linse gesetzt wird, in Folge der Erstarkung des Accommodationsmuskels durch Annäherung des Nahepunktes an das Auge gleichsam recompensirt werde und in der That lehren Untersuchungen kurzsichtiger Augen hinsichtlich der Länge und Lage der absoluten Sehweite, dass ihr Nahepunkt sehr oft die dem normalen Auge vorgezeichnete Grenze gegen die Hornhaut hin überschreite, dass kurzsichtige Augen noch scharfe und deutliche Wahrnehmungen von Objecten vermitteln könnnen, welche ihrer allzugrossen Nähe wegen von Normalsichtigen nur in Zerstreuungskreisen gesehen werden.

Doch hat natürlicher Weise die Erstarkung des Accommodationsmuskels und sofort auch die Verkürzung des Nahepunktabstandes ihre Grenze; anderseits aber liegt in der, die Kraftzunahme des Muskels begründenden Übung des Accommodationsapparates für die Nähe gerade das Moment, welches bei gegebener Disposition, bei vorhandenem Elasticitätsmangel des Krystalles, dessen Krümmungshalbmesser und damit auch den Fernpunktabstand fort und fort zu verkürzen im Stande ist.

Daraus ergibt sich klar der Erfolg überspannter Anstrengungen des Accommodationsapparates zum Zwecke des Nahesehens, wie sie namentlich häufig durch den Gebrauch zu scharfer Brillengläser bedingt werden, welche schon, wie gesagt, die Bilder unendlich ferner Objecte diesseits des Fernpunktes des damit bewaffneten Auges entwerfen und sofort den Accommodationsapparat gar nie zur Ruhe kommen lassen, sondern einen um so grösseren Accommodationsdruck auf die Linse erforderlich machen, je schärfer sie sind und je geringer die Distanzen der Objecte sind, mit welchen sich das Auge anhaltend zu beschäftigen gezwungen wird. Anfänglich sträubt sich das Auge gegen den fortgesetzten Gebrauch der unpassenden Brille und beurkundet das Übermass seiner Belastung durch reactive Erscheinungen im Gefäss- und Nervensysteme. Doch bald gewöhnt es sich und zwar um so früher, je geringer eben die Elasticität des Krystalles, je grösser die Disposition zur Myopie ist. Wenige Tage reichen oft aus, also ein Zeitraum, innerhalb welchem eine entsprechende Erstarkung des Muskels nicht wahrscheinlich ist, daher eine Verminderung des dem Accommodationsdrucke entgegentretenden Widerstandes nothwendig angenommen werden muss. Diese Verminderung des Widerstandes involvirt aber den Gleichgewichtszustand in den Attractionskräften der aus ihrer früheren gegenseitigen Lage verschobenen Theilchen, sofort eine entsprechende Vermehrung der Linsenconvexität, womit denn auch der dioptrische Apparat für kürzere Distanzen eingestellt und sofort der Accommodationsapparat seiner Arbeit enthoben wird, so lange es sich um Objecte einer gewissen Entfernung handelt, einer Entfernung nämlich, welcher in Bezug auf die Lichtbrechung in der Brille der um den Abstand der Brille vom Auge verminderte Abstand des nunmehrigen Fernpunktes des freien Auges conjugirt ist.

Würde das mit der fraglichen Brille bewaffnete Auge sich fortan nur mit sehr entfernten Gegenständen beschäftigen, so wäre in der ununterbrochenen Ruhe des Accommodationsmuskels eine Stabilität der diesweiligen natürlichen Sehlinie begründet. Brillenbewaffnete Augen beschäftigen sich aber, wie wohl Niemand zweifeln wird, abwechselnd mit Objecten sehr verschiedener Distanzen und bethätigen sofort den Accommodationsmuskel bald mehr, bald weniger. In dieser Bethätigung liegt eben das Moment für die Convexitätsvermehrung der Linse und damit für eine weitere Hereinrückung des Fernpunktes. Wenn also auch zu scharfe Brillen eine Zeit lang, nach entsprechender Convexitätsverstärkung der Linse, passend werden können, so liegt in ihrem Gebrauche doch schon der Keim ihres endlichen Nichtzureichens, sie müssen, um die Tragweite des Auges ins Unendliche auszudehnen, um so rascher mit noch schärferen verwechselt werden, je weiter ihre Brennweite in die absolute Sehweite des Auges hineinfällt, weil damit im Verhältnisse die Grösse des für eine jede Objectsdistanz erforderlichen Accommodationsdruckes wächst.

Es ergibt sich aus allem dem sogar klar, dass selbst in der eben fixirten Bedeutung passende Brillen endlich für grössere Distanzen unzureichend werden und einen Tausch mit schärferen Gläsern nothwendig machen können, ja dass der brillentragende Myops sogar der Regel nach von Zeit zu Zeit zur Wahl von Brillen mit kürzerer Brennweite sich gezwungen fühlen werde, weil er es eben kaum vermeiden kann, durch Betrachtung näher gelegener Objecte und sofortige Intention des Accommodationsmuskels die Bedingung für weitere Vermehrung der Linsenconvexität zu setzen.

Immerhin jedoch sind die Chancen für Verstärkung der Kurzsichtigkeit bei dem Gebrauche passender Brillen nur gering zu nennen und sie können auf das Minimum gebracht werden durch zweckdienliche, d. i. ausschliessliche Benützung der Gläser zum Sehen in Fernen, in welche das freie Auge nicht trägt. In der Nichtbeachtung dieser Regel, in der gleichmässigen Benützung der Concavgläser zum Sehen in die Ferne und in die nächste Nähe liegt der Grund dessen, dass brillentragende Myopen häufig ihre Brillen wechseln und rasch zu schärferen und schärferen Zerstreuungslinsen übergehen müssen. Und doch ist die in dieser Regel gesetzte Beschränkung nichts weniger als sehr empfindlich, wie sich leicht einsehen lässt, wenn man

ins Gedächtniss zurückruft, was ich über die Länge der äusseren Accommodationslinien eines brillenbewaffneten Auges gesagt habe.

Die hohe Bedeutung einer richtigen Wahl der Brille tritt hier abermals in die Anschauung. Sie drängt sich noch mehr in den Vordergrund, wenn man berücksichtigt, dass die Concavlinse nicht nur den Fernpunkt, sondern auch den Nahepunkt hinausrückt, die absolute Sehweite des brillenbewaffneten Auges sofort relativ zu jener des normalsichtigen freien Auges verkürzt werden müsse, wenn der Convexitätszunahme der myopischen Linse nicht eine entsprechende Erstarkung des Accommodationsmuskels parallel geht; dass diese Erstarkung aber einerseits ihre Grenze habe und keinesweges in jedem Falle gegeben sei, vielmehr in sehr vielen Fällen hinter dem erforderlichen Masse zurückbleibe, häufig sogar vollkommen Null sei.

Die allmähliche Zunahme der Myopie führt am Ende also jedenfalls zur Verkürzuug der absoluten Sehweite, sie paart sich mit Schwäche des Accommodationsvermögens. Kommen die Elementartheilchen der Linse zuletzt sogar in jener Lage ins Gleichgewicht, in welcher sie durch den grössten Kraftaufwand des Accommodationsmuskels versetzt werden konnten; hat sohin der Krystall für das Maximum des Accommodationsdruckes seine Elasticität verloren und erstarkt fortan der Muskel nicht weiter: so ist die Accommodation für verschiedene Entfernungen aufgehoben, das Auge hat nur mehr eine einzige Accommodationslinie und das ist die natürliche Sehlinie, welche um so kürzer ist, je höhere Grade die Myopie erreicht hat, so zwar dass endlich Nahe- und Fernpunkt nahezu zusammenfallen.

Alle ausserhalb der natürlichen Sehlinie, bei blosser Schwäche des Accommodationsvermögens alle ausserhalb der verkürzten absoluten Sehweite, gelegenen Objecte können nur in Zerstreuungskreisen gesehen werden und da Concavgläser nur in der Erzeugung scheinbarer Bilder innerhalb der absoluten Sehweite des myopischen Auges ihre Nutzanwendung finden, können sie nur scharfe und deutliche Wahrnehmungen von Objecten vermitteln helfen, deren Distanz einem Punkte in der absoluten Sehweite des Auges conjugirt ist. Verschiedene Objectsdistanzen erfordern einsichtlicher Weise dann Brillen differenter Brennweiten, sollen scharfe und deutliche Bilder des Gegenstandes auf der Netzhaut erzeugt werden und umgekehrt ist die Leistungsfähigkeit jeder einzelnen,

übrigens entsprechenden Brille eine um so geringere, je geringer eben der Rest des Accommodationsvermögens ist.

Die Schwächung des Accommodationsmuskels ist unter den genannten Umständen eine relative. Der Accommodationsmuskel kann seine normale Kraft behalten haben oder wohl gar erstarkt sein, aber sein Einfluss auf die Gestalt der Linse ist geschwächt oder aufgehoben, da eben deren Theilchen in der, dem Maximum des Accommodationsdruckes nahezu oder völlig entsprechenden, gegenseitigen Lagerung bereits ins Gleichgewicht getreten sind. Es liegt am Tage, dass Vermehrung des Widerstandes von Seite des Krystalles bei unveränderter Druckkraft des Muskels zu ähnlichen Resultaten führen müsse. In der mit dem Lebensalter allmählich fortschreitenden Verdichtung des Krystalles sind nun die Bedingungen für eine derartige Resistenzzunahme desselben gegeben und dass sich diese Verdichtung der Linse in der That geltend mache, lehren die Veränderungen, welche das Accommodationsvermögen kurzsichtiger Augen in den späteren Lebensjahren der Regel nach eingeht. Die Übereinstimmung dessen, was die tägliche Erfahrung auf dem Wege genauerer Untersuchungen herausstellt, mit den Folgen, welche sich aus einer Verdichtung des Krystalles theoretisch ableiten lassen, ist eine zu grosse, als dass man an dem innigen Causalnexus zwischen jenen Veränderungen in der absoluten Sehweite des Myops und der Verdichtung der Linse einen Augenblick zweifeln könnte.

Die Resistenzzunahme der Linse involvirt nach dem Vorhergehenden die Schwierigkeit einer Convexitätsvermehrung in den Trennungsflächen des Krystalles. Dem ganz entsprechend gehört denn auch eine weitere Verkürzung des Fernpunktabstandes im myopischen Auge während der zweiten Hälfte des Lebensalters zu den Seltenheiten. Die Erwerbung sowohl als die allmähliche Zunahme der Kurzsichtigkeit sind Prärogative der Jugend, während welcher der Krystall weich und biegsam ist. Das reifere Alter müsste die Acquisition und die Vergrösserung eines vorhandenen Grades von Myopie ausschliessen, wenn dafür in Axenverlängerungen des Bulbus und in Krümmungsvermehrungen der Cornea nicht weit wirksamere Ursachen gegeben wären.

Anderseits stimmt damit ganz gut die allbekannte Thatsache überein, dass die Myopie in den höheren Mannesjahren sich scheinbar

etwas vermindere, indem der Kurzsichtige die Fähigkeit verloren hat, Objecte in so grosser Nähe scharf und deutlich zu sehen, wie früher und auch in der Leistungsfähigkeit seiner bisher gebrauchten Brille eine Abnahme verspürt, da dieselbe mit einem Zerstreuungsglase von längerer Brennweite vertauscht werden muss, wenn es sich um Objectsdistanzen handelt, welche vordem noch in der absoluten Sehweite des mit der gewohnten Brille bewaffneten Auges lagen und zwar nahe dem Nahepunkte desselben, aber bereits jenseits des Fernpunktes des freien Auges. Die behauptete Übereinstimmung springt klar hervor, wenn man bedenkt, dass in diesen Verhältnissen sich ja eben die, durch den erschwerten Gestaltwechsel des Krystalles begründete Hinausschiebung des Nahepunktes im freien und brillenbewaffneten Auge ausspreche.

Die vermeintliche Abnahme der Myopie erweist sich sohin nur als eine scheinbare, sie ist eigentlich eine Verkürzung der absoluten Sehweite, bedingt durch Schwächung oder Aufhebung der Druckwirkung des Accommodationsmuskels, sie ist eine Annäherung des Nahepunktes an den Fernpunkt, welcher letztere der Regel nach unverrückt seine Stellung zum Auge bewahrt, wie sich eines Theils theoretisch aus dem relativen Verluste der Linsenelasticität, anderseits thatsächlich aus directen Untersuchungen und aus der unveränderten Leistungsfähigkeit der gewohnten Brille bezüglich ferner Objecte ergibt.

Dabei darf jedoch der Umstand nicht vergessen werden, dass die Verdichtung der Linse mit Abnahme ihrer Pellucidität einhergehe und diese Verminderung der Durchsichtigkeit bei Betrachtung ferner Objecte leicht die Lichtabsorption von Seite der Luft fühlbar machen könne; daher Versuche mit schwächeren Brillen zur Constatirung der Unveränderlichkeit des Fernpunktes unerlässlich sind. Diese werden der Regel nach ein negatives Resultat ergeben, aber nicht constant, weil eben in der möglichen Axenverkürzung des Auges und Krümmungsverminderung der Cornea Momente liegen, welche unabhängig von der Linsengestalt die Lage des Fernpunktes verrücken.

Aber auch abgesehen von diesen letztgenannten Momenten lässt sich die Behauptung mancher Autoren, mit zunehmendem Lebensalter eine Vergrösserung des Fernpunktabstandes und sofort die Nothwendigkeit eines Überganges zu schwächeren Concavgläsern beobachtet zu haben, nicht

unbedingt Lügen strafen. Der letztere Theil dieser Behauptung lässt sich aus der Erfahrung thatsächlich beweisen; nur der daraus gezogene Schluss auf eine zu Grunde liegende Vergrösserung des Fernpunktabstandes ist unrichtig, wie sich leicht ergibt, wenn man in Rechnung bringt, dass der Gebrauch von Concavbrillen bei Nichtbedürftigen heutzutage ein sehr häufiger und gleichsam Mode geworden ist, dass sogar die Weiber den Geruch der Gelehrtheit jenem einer guten Hausfrau vorziehen und sich denselben zu erwerben suchen durch den Gebrauch von Zerstreuungsgläsern in den verschiedensten Fassungen. In der Jugend fügt sich allenfalls der Accommodationsapparat der aufgebürdeten Last. Doch mit der allmählichen Dichtigkeitszunahme der Linse wächst die Schwierigkeit, falls es nicht wirklich gelungen ist, in der Krystalllinse eine entsprechende Convexitätsvermehrung zu Wege zu bringen und endlich wird es zur Unmöglichkeit, den von der Brille gesetzten Bedarf an Muskeldruck aufzubringen; der quasi Myops ist gezwungen, seiner Eitelkeit ein Opfer zu bringen und zu schwächeren Brillen überzugehen oder sie ganz zu meiden, selbst wenn nicht, wie dieses häufig geschieht, die übermässige Anstrengung des Auges und der darin begründete Reiz des Gefäss- und Nervensystems schwerere Folgen androht. Wer nur einige Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand gemacht hat, wird hoffentlich die Richtigkeit dieser Erklärungsweise bald bestätiget finden und einsehen, dass in der Nothwendigkeit, zu schwächeren Brillen überzugehen, ja selbst die concaven mit convexen zu vertauschen, nicht eine wirkliche Vergrösserung des Fernpunktabstandes, sondern nur die Verminderung des möglichen Accommodationsdruckes zur Äusserung komme.

Eine solche Verminderung des Accommodationsdruckes findet ihre Erklärung aber nicht allein in der bisher betrachteten relativen, sondern auch in der absoluten Kraftabnahme des Accommodationsmuskels, welche letztere begründet wird in dem der Involutionsperiode eigenthümlichen und vornehmlich in dem Muskelsysteme eclatant hervortretenden Atrophisirungsprocesse, weiters in krankhaften Alterationen des Accommodationsmuskels, in Leitungshemmungen seiner Nerven, in mechanischen Behinderungen seiner Kraftentwickelung durch Verwachsungen, Zusammenhangstrennungen u. s. w., überhaupt also in Zuständen, welche gewöhnlich der Weitsichtigkeit zu Grunde liegen und dort ihre

specielle Erörterung finden. Wo immer bei Gegebensein einer Myopie das eine oder das andere der genannten Verhältnisse ins Leben tritt, macht es sich auch alsbald geltend durch mehr weniger rasche, unter gewissen von selbst verständlichen Umständen selbst plötzliche und grösstmöglichste Annäherung des Nahepunktes an den Fernpunkt.

Ist das Moment der Kraftabnahme nur einer allmählichen Steigerung fähig, so kann die Verkürzung der absoluten Sehweite auch nur langsam fortschreiten, bis endlich der Nahepunkt an der diesweiligen inneren Grenze der natürlichen Sehlinie angelangt ist und sofort Accommodationsveränderungen des dioptrischen Apparates unmöglich geworden sind. Die auf genauere Forschungen basirte Erfahrung gibt dafür die nothwendigen Belege an die Hand, sie lässt nicht nur die allmähliche Vergrösserung des Nahepunktabstandes deutlich nachweisen; sondern spiegelt in den Ergebnissen der sie begründenden Untersuchungen auch das allmähliche Nachlassen der Accommodationskraft durch die Erscheinungen der sogenannten Asthenopie oder Kopiopie ab.

Diese ist eben nichts als der symptomatische Ausdruck einer momentanen Functionsuntüchtigkeit des Accommodationsmuskels als Folge der Ermüdung durch vorausgegangene Adaptionsanstrengungen und findet in dem Widerstande anderer ermüdeter Muskeln gegen weitere Intentionen ihre vollständigste Analogie. Nur unrichtiger Weise hat man selbe als Prärogativ des presbyopischen Auges erklärt, da sie meinen und Anderer Erfahrungen gemäss auch neben Myopie zur Beobachtung kömmt. Hier wie dort äussert sie sich, wenn der Accommodationsapparat längere Zeit hindurch zu intensiveren Anstrengungen gezwungen wurde, um das freie oder brillenbewaffnete Auge für Objectsdistanzen einzurichten, welche mit dem Abstande des Nahepunktes nahezu zusammenfallen. Während dieser Anstrengungen fangen dann die bisher in scharfen und deutlichen Bildern wahrgenommenen Objecte an, vor dem Auge zu verschwimmen und der Kranke fühlt das Bedürfniss, ihren Abstand allmählich zu vergrössern und dieses zwar bei fortgesetzter Intention des Auges immer mehr, bis endlich der Gegenstand in die natürliche Sehlinie hinausgerückt ist. Reicht die Objectgrösse nicht mehr aus, um damit auf der Netzhaut im Detail wahrnehmbare Bilder producirt werden können, so genügt aller Kraftaufwand nicht mehr, um selbe zur Anschauung zu bringen

und der Versuch, sie gewaltsam zu fixiren, bedingt Reizerscheinungen, wie selbe bereits oben geschildert wurden. Das Auge bedarf minutenlanger Ruhe, worauf die Accommodation für die erforderliche Nähe wieder in demselben Masse, wie vordem ermöglicht ist, um nach einiger Anstrengung abermals unter allmählicher Entfernung des Nahepunktes mit völligem Unvermögen zur Adaption zu wechseln. Immer kürzer und kürzer werden bei fortgesetzter Intention des Accommodationsapparates die Fristen, innerhalb welchen die Einrichtung für die kürzeren Accommodationslinien ermöglicht ist, während die Dauer der zur Wiederherstellung des Adaptionsvermögens erforderlichen Ruhezeiten wächst und der Nahepunktabstand zunimmt, bis dieser eben das, von der natürlichen Sehlinie des Auges gesetzte, Maximum erreicht hat und die Asthenopie endlich in den ständigen Mangel des Accommodationsvermögens übergegangen ist.

Dem Wesen der Myopie entsprechend sind natürlich diese Ortsveränderungen des Nahepunktabstandes, wie sie durch das Nachlassen des Accommodationsdruckes bedingt werden, absolut sehr geringe und zwar um so geringere, je kurzsichtiger das betreffende Auge ist. Auch kann ein völliges Verschwimmen der Objectbilder bis zur Undeutlichkeit nur bei gewissen Objecten gegeben sein, welche ihrer Kleinheit halber diesseits der natürlichen Sehlinie gerückt werden müssen, um im Detail wahrgenommen zu werden; denn bei grösseren Objecten kömmt die Netzhautbildgrösse nicht mehr in Betracht und ihre Hinausschiebung in die natürliche Sehlinie muss jedenfalls hinreichen, um sie auch bei völliger Unthätigkeit des Accommodationsapparates in scharfen und deutlichen Bildern auf der Netzhaut zu projiciren. Nur die durch vorausgängige intensivere Anstrengungen allenfalls hervorgerufenen Reizungen des Gefäss- und Nervensystems im Auge können ihrer weiteren Betrachtung Hindernisse in den Weg legen. Das Terrain der Asthenopie ist im myopischen Auge nach allem dem also bestimmt ein sehr beschränktes, und die Erscheinungen, durch welche sie sich kund gibt, lassen sich sehr leicht übersehen, worin denn auch der Grund liegt, dass man selbe als mit Myopie unvereinbar erklärt, und lieber auf Functionsschwäche des lichtempfindenden Apparates bezogen, als Dysopie oder Amblyopie beschrieben hat.

In der That trifft die Asthenopie und um so mehr der Mangel des Accommodationsvermögens den Myops in vielen Fällen kaum viel weniger hart, als ein geringer Grad von Amblyopie; in allen jenen

Fällen nämlich, in welchen die Kleinheit der, den Kurzsichtigen dauernd beschäftigenden Objecte deren grosse Annäherung an das Auge erforderlich macht, und dadurch eben den Grund der Myopie, weiters aber der Asthenopie und endlich des völligen Verlustes des Accommodationsvermögens gelegt hat. Die Fortsetzung dieser Beschäftigung, z. B. des Lesens kleinen Druckes, kleiner Schriften u. s. w., wird nachgerade unmöglich, weil eben die dazu erforderliche Hinausschiebung des Gesichtsobjectes in die natürliche Sehlinie der gemachten Voraussetzung nach die Netzhautbildgrösse unter das entsprechende Mass herabdrückt und die Benützung von Concavgläsern diesen Fehler nach dem Vorhergehenden nur vergrössern kann. Es scheint nun freilich, als ob Convexgläser als Loupen angewendet, durch scheinbare Vergrösserung des Objectes dem Auge einigermassen behilflich werden könnten. Allein die Kürze des Fernpunktabstandes macht namhaftere Vergrösserungen nur bei sehr starker Annäherung des Gegenstandes an die Glaslinse und sofort auch an das Auge möglich und tritt sofort einem Gebrauche solcher Loupen bei den meisten Beschäftigungen entgegen.

Um eine Vergrösserung zu erzielen, muss nämlich $v > 2b$ sein. Der Vergrösserungscoëfficient der Brechung in der Convexlinse ist aber $\frac{v_1}{v}$, wo $v_1$ durch den Fernpunktabstand bestimmt wird und insoferne eine kleine Zahl ist, während $v$ den Abstand des Objectes von dem Glase bedeutet.

In Anbetracht dessen lässt sich nun wohl die Verwechselung des so eben geschilderten Zustandes mit dem, was man unter dem nichtssagenden Worte „Dysopie“ versteht oder zu verstehen vorgibt, so wie mit der Amblyopie entschuldigen und zwar um so mehr, als neben der Myopie thatsächlich nicht ganz selten Amblyopie einhergeht, und als weiters, abgesehen von zufälligen Leitungshemmungen im lichtempfindenden Apparate, sogar bisweilen einiger Causalzusammenhang zwischen beiden Krankheitsformen besteht.

In einer gewissen Anzahl von einschlägigen Fällen lässt sich nämlich die complicirende Amblyopie einzig und allein nur beziehen auf organische Folgen der, in intensiven und anhaltenden Accommodationsanstrengungen begründeten Reizzustände des ciliaren Gefäss- und Nervensystems; denn diese pflanzen sich gerne auf den lichtempfindenden Apparat und selbst bis auf das Gehirn fort, wie das sie charakterisirende Krankheitsbild deutlich erkennen lässt. Insoferne

nun solche anhaltende Intentionen des Auges für grosse Nähen die gewöhnlichste Ursache der Kurzsichtigkeit abgeben, fliessen unter gewissen Verhältnissen die Myopie und Amblyopie aus einer und derselben Quelle, sie gehen nur scheinbar neben einander her, indem sie gegenseitig im innigen Zusammenhange stehen. Das Warum der Nichtconstanz ihrer gegenseitigen Verbindung ist zur Zeit ein ungelöstes Problem, denn mit dem Worte „Disposition“ oder „disponirende Augenschwäche“ ist wenig gesagt, obwohl die Objectivität derselben kaum in Zweifel gesetzt werden kann. Es steht nämlich fest, dass manche Augen von der ersten Kindheit an jeder nur einigermassen bedeutenderen und anhaltenderen Anstrengung für die Nähe durch rasches Auftreten schwer zu besänftigender Reizphänomene entgegentreten und das sind eben die sogenannten schwachen Augen, welche man von Alters her als unbrauchbar zu gewissen, das Nahesehen erfordernden Geschäften erklärt hat, indem man fand, dass sie leichter als andere hochgradige Myopie und Amblyopie erwerben.

In gewissen Fällen der fraglichen Art geht aber die Kurzsichtigkeit direct ein in die Pathogenie der sie später complicirenden Amblyopie. Es kömmt nämlich ziemlich häufig vor, dass die Myopie in dem einen Auge rascher entwickelt wird, als in dem anderen, alsbald auch höhere Grade erreicht, ja sogar zur Asthenopie und zum völligen Mangel des Accommodationsvermögens, also zu ganz denselben Folgen führt, wie selbe bei Bestand der Myopie bisweilen durch mechanische Hindernisse des Accommodationsdruckes, durch Verwachsungen der Iris, Verletzungen u. dgl., begründet werden. Für die meisten Objectsdistanzen ermangeln dann die Netzhautbilder der nöthigen Schärfe und Deutlichkeit, ja bei grossen Differenzen in den hinteren conjugirten Vereinigungsweiten der beiden Augen trüben die auf der Netzhaut des einen derselben erzeugten Zerstreuungskreise die Wahrnehmungen des anderen, entsprechend adaptirten, was die Kranken durch den Ausdruck: das kranke Auge blende das relativ gesunde, zu versinnlichen trachten. Die Störung ist bisweilen eine so bedeutende, dass der Kranke das eine Auge beim genaueren Besehen von Objecten verdecken muss, und es durch Übung selbst dahin bringt, das kränkere Auge etwas seitwärts zu stellen, um die Netzhautbilder der betrachteten Objecte auf die weniger empfindlichen Seitentheile der Netzhaut zu leiten. Jedenfalls unterstützt das minder functionstüchtige Auge das bessere nur

wenig oder gar nicht, und wenn auch der Kranke nicht so häufig den Strabismus erwirbt, so gewöhnt er sich doch nach und nach, seine Aufmerksamkeit vornehmlich und endlich ausschliesslich den Eindrücken des tüchtigeren Auges zuzuwenden, während er das andere vernachlässigt. Anhaltende Functionsunthätigkeit führt im lichtempfindenden Apparate aber gerade so wie in anderen Körpertheilen zur Functionsuntüchtigkeit, ja selbst zur Atrophie, und Functionsuntüchtigkeit des lichtempfindenden Apparates ist eben das, was man Amblyopie oder Amaurose nennt.

Trotz dieser innigen Verwickelung der Myopie mit der Amblyopie ist nichts destoweniger die Diagnose der letzteren keine sehr schwere. Versuche mit jener Scala, welche ich zur Bestimmung des Nahe- und Fernpunktes vorgeschlagen habe, leiten schon darauf, indem sie herausstellen, dass die einer jeden Objectsdistanz als innere Grenze entsprechende Grösse des Gegenstandes nicht mehr zureicht, um deutliche Wahrnehmungen zu vermitteln, sondern dass in dieser Beziehung das kurzsichtige und zugleich amblyopische Auge weit hinter dem einfach myopischen, ja selbst hinter dem asthenopischen und der Accommodation verlustigen Auge zurückbleibt; dass sofort die Grösse der Gesichtsobjecte, welche der Kranke in einem bestimmten Abstande deutlich und scharf wahrnimmt, relativ zur Norm weit grösseren Distanzen entspricht. Die Verkleinerung der Gesichtsobjecte durch Concavbrillen macht sich natürlich in gleicher Weise fühlbar und ist gewöhnlich die Ursache, dass dem amblyopischen Myops gar keine Brillen für irgend eine Distanz sonderliche Unterstützung gewähren, dass höchstens Loupen unter den obigen Beschränkungen einige Verbesserung des Sehvermögens erzielen; während doch bei völligem Verluste des Accommodationsvermögens Brillen verschiedener Brennweite das Auge noch für die differentesten Objectsdistanzen einrichten. Dazu kömmt noch die ganz bedeutende Abnahme des Gesichtes, wenn der Contrast der Färbung in den Objecten etwas zurücktritt, oder aber die Beleuchtungsintensität des Gesichtsfeldes nur einigermassen, z. B. durch die Dämmerung, vermindert wird.

Dieser Bedarf an starken Farbencontrasten und grosser Beleuchtungsintensität sticht als Symptom der die Myopie complicirenden Amblyopie um so schärfer hervor, als sie eben der allbekannten Thatsache geradezu entgegenläuft, dass Kurzsichtige noch bei einer

Erleuchtungsintensität feine Arbeiten verrichten, lesen, schreiben etc. können, welche normalsichtigen und weitsichtigen Augen die Detailerkenntniss selbst grösserer Objecte schon einigermassen schwierig macht.

Es rührt diese scheinbare Schärfe des myopischen Auges gewiss nicht von einer gesteigerten Empfindlichkeit der Netzhaut her, denn diese müsste sich auch im hellen Raume zeigen. Der Grund dessen ist ein rein physicalischer und beruht darauf, dass der scheinbare Glanz der Netzhautbilder, die Erleuchtungsintensität einer Masseinheit der Retina, hauptsächlich abhängt von der Erleuchtungsintensität des Objectes und von dem Durchmesser der Pupille. Die dem Myops ermöglichte starke Annäherung des Objectes kommt hier nur insoferne in Betracht, als sie die Schwächung des Lichtes beim Durchgange durch die absorbirende Luft vermindert.

Bei gleicher Erleuchtung des Objectes steht der scheinbare Glanz der Netzhautbilder im geraden Verhältnisse zur Grösse der Pupille. Der Refractionszustand des myopischen Auges macht nun aber den Bedarf an accommodativer Druckkraft zum Zwecke des Nahesehens sehr gering, ja der Nulle gleich. Der Sphincter pupillae braucht demnach nicht als starker Widerhalt gegen die, den Accommodationsdruck vermittelnden Längsfasern zu functioniren und kann ganz dem Impulse der excitomotorischen Nervenzweige folgen, unter den genannten Umständen sich also relaxiren; während er im normalsichtigen und weitsichtigen Auge alle Kraft aufbieten muss, um dem zur Accommodation für grössere Nähe erforderlichen Contractionsnisus der Längsfasern das Gleichgewicht zu halten, und sofort auch gewöhnlich während der Accommodation des Auges für die Nähe eine namhaftere Verengerung der Pupille begründet, als dieses bei Myopen der Fall ist, die bekanntlich sehr häufig schon bei mässiger Beleuchtung sehr weite Pupillen haben.

## Die Weitsichtigkeit oder Presbyopie.

Im Gegensatze zur Myopie charakterisirt sich dieser Gesichtsfehler durch abnorme Vergösserung des Nahepunktabstandes und darin begründetes Unvermögen des Auges, scharfe und deutliche Wahrnehmungen von Objecten zu vermitteln, welche, vom Auge wenig abstehend, noch in der absoluten Sehweite eines normalen Gesichtsorganes gelegen sind und ihrer

Grösse, so wie ihrem wirklichen Glanze nach bei richtiger Einstellung des dioptrischen Apparates und bei Integrität der lichtempfindenden Theile in scharfen und deutlichen Bildern zur Anschauung kommen müssten.

Die optische Wesenheit der Presbyopie ist demnach Vereinigung der aus nahen Objecten divergirenden Lichtstrahlen hinter der Netzhautstabschichte und sofortige Projection von Zerstreuungskreisen auf der Retina. Die Grösse dieser Zerstreuungskreise bedingt das Mass der Undeutlichkeit und mangelnden Schärfe in den optischen Wahrnehmungen und bestimmt zum Theile den Grad der Weitsichtigkeit, indem sie nicht allein Function der Pupillenweite, sondern auch der Differenz ist zwischen der, dem Objectsabstande conjugirten hinteren Vereinigungsweite des dioptrischen Apparates und dem Abstande der Netzhautstabschichte vom optischen Centrum des combinirten Linsensystems des Auges.

Der Begriff der Weitsichtigkeit schliesst es schon in sich, dass die natürliche Sehlinie des presbyopischen Auges einem objectiv fernen Accommodationspunkte entsprechen, dass der Fernpunktabstand demnach ein grosser, meisthin sogar ein unendlich grosser sein müsse und dann die Tragweite des Auges nur in der Lichtabnahme durch Absorption, so wie in dem Beugungsspectrum des Pupillarrandes ihre äussere Grenze finden könne. Anderseits involvirt das Verhältniss, in welchem die hinteren conjugirten Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates zu den vorderen stehen, und die Länge der stab- und zapfenförmigen Netzhautkörper einen relativ sehr kurzen, wenige Fusse betragenden Abstand der natürlichen Sehlinie des presbyopischen Auges. Insoferne aber die Presbyopie einen gewissen Grad von Accommodationsvermögen voraussetzt, da dieser die Weitsichtigkeit eben von dem Mangel des Accommodationsvermögens unterscheidet: so ist es klar, dass bei Gegebensein einer einfachen Weitsichtigkeit die Mangelhaftigkeit der optischen Wahrnehmungen sich nur auf Objecte beziehen könne, welche dem Auge absolut nahe stehen, von demselben nur eine grössere Anzahl von Zollen entfernt sind.

Die absolute Sehweite des fernsichtigen Auges erscheint sofort als eine sehr grosse, ja unendlich grosse, nach aussen meist unbegrenzte; nur der Abstand des Nahepunktes unterscheidet die Weitsichtigkeit von der Normalsichtig-

keit, ohne dass sich jedoch zwischen beiden eine bestimmte Grenze ziehen liesse. Die Bestimmung des Nahepunktabstandes erweist sich sohin als besonders wichtig, und dieses zwar um so mehr, als nach dem Mitgetheilten die Fernsichtigkeit eben nur als eine Schwächung des Accommodationsvermögens aufgefasst werden kann und sich gerade in der Distanz des Nahepunktes das Maximum des noch möglichen Accommodationsdruckes ausspricht, womit denn auch eine Art Gradbestimmung der Presbyopie ermöglichet wird.

Betreffs der Erforschung des Nahepunktabstandes gilt nun dasselbe, was ich bei Gelegenheit der Myopie mitgetheilt habe. Das Schwankende in den Resultaten, welche Versuche mit den verschiedenen Optometern ergeben, lässt den Forscher zu keinem bestimmten Schlusse kommen, und der Augenspiegel führt gar nur zur Erkenntniss, dass das Auge im Momente der Untersuchung für Entfernungen eingerichtet sei, die den Abstand des beobachtenden Auges übertreffen, ohne ein sicheres Urtheil über die Lage des Nahepunktes zu gestatten. Daher erscheint denn auch wieder die Benützung jener Scala, wie ich sie oben beschrieben habe, empfehlungswerth.

Das Maximum des Accommodationsdruckes reicht in fernsichtigen Augen nicht zu, um dem Netzhautabstande kleine Objectsdistanzen zu conjugiren, mit anderen Worten, die Ablenkung der Lichtstrahlen im dioptrischen Apparate des fernsichtigen Auges ist eine zu geringe, als dass Lichtstrahlen von grösserer Divergenz auf der Netzhautstabschichte zur Vereinigung gebracht werden könnten. Desswegen und weil der Abstand des Objectes in jedem Falle positiv bleiben, das Gesichtsobject vor dem Auge stehen muss, sind Zerstreuungslinsen ausgeschlossen, sobald es sich um Correction des fraglichen Gesichtsfehlers handelt. Nur Sammellinsen können einem solchen Zwecke förderlich sein und sie sind es unter der gemachten Voraussetzung einer positiven Objectsdistanz in der That, der Gegenstand möge nun innerhalb, in oder ausserhalb der Linsenbrennweite gelegen sein; sie vermindern die Divergenz der das Auge treffenden Strahlen bei positiver Objectsdistanz, ihre Brennweite sei, welche sie wolle.

Correction ist jedoch mit Aufhebung des fraglichen Gesichtsfehlers nicht gleichbedeutend, die Leistungsfähigkeit convexer Glaslinsen ist im Gegentheile unter allen Verhältnissen

durch die jeweilig unveränderliche Länge und Lage der absoluten Sehweite des betreffenden fernsichtigen Auges bedingt und begrenzt; es können Sammellinsen nur dann scharfe und deutliche Wahrnehmungen von äusseren Objecten vermitteln helfen, wenn die von ihnen erzeugten scheinbaren Bilder zwischen den Nahe- und Fernpunkt des hinter ihnen gelagerten Auges fallen.

Es ist dieses eine Beschränkung, die durch das Verhältniss, in welchem die conjugirten Vereinigungsweiten einer Sammellinse zu einander stehen, ausserordentlich fühlbar wird, trotz der meistens unendlichen Länge der absoluten Sehweite. Kraft der Lichtbrechungsgesetze für Sammellinsen kann nämlich bei der Nothwendigkeit eines positiven Objectsabstandes eine jede einzelne, vor das fernsichtige Auge gehaltene Convexlinse nur von solchen Objecten scheinbare Bilder in der absoluten Sehweite zu Stande bringen, deren Distanz kleiner, als die Brennweite der Linse ist. Gegenstände, welche ausserhalb der Brennweite der benützten Sammellinse stehen, erfordern einen negativen Fernpunktabstand und eine Objectsdistanz, welche die doppelte Brennweite der Linse erreicht, setzt bereits einen numerisch gleichen, negativen Werth des jenseitigen Endes der natürlichen Sehlinie voraus, sollen noch innerhalb der absoluten Sehweite des fernsichtigen Auges scheinbare Bilder erzeugt werden. Also nur für Objectsdistanzen, welche kürzer sind, als die Brennweite der betreffenden Sammellinse, findet das eigentlich fernsichtige Auge in dieser einen optischen Behelf und der Presbyops ist daher gezwungen, die Brille abzulegen, sobald es sich darum handelt, Gegenstände in scharfen und deutlichen Bildern wahrzunehmen, welche ausserhalb der Linsenbrennweite gelegen sind.

Die absolute Sehweite des mit einer Sammellinse bewaffneten, fernsichtigen Auges findet also in deren Brennweite ihre äussere Grenze und ist demnach eine um so kürzere, je kürzer eben die Brennweite des angewandten Convexglases ist. Mit der Verkürzung der Linsenbrennweite nimmt aber auch der Abstand des Nahepunktes eines, hinter dem Sammelglase befindlichen, fernsichtigen Auges zu und rückt sohin die innere Grenze der absoluten Sehweite an die äussere heran.

Sind $v_1$ und $v_2$ die hinteren negativen Vereinigungsweiten für die Abstände $v$ und $v - r$ in Bezug auf eine Sammellinse mit der Brennweite $b$ und nimmt man $v_1 - v_2 = m$, wo $m$ die absolute Sehweite eines hinter der Linse befindlichen fernsichtigen Auges bedeutet, so ergibt sich aus der Gleichung

$$v_1 - v_2 = -\frac{r b^2}{(v - b)^2 + r(v - b)},$$

dass je kleiner $b$ wird, die Differenz $v - b$ abnehmen müsse, weil $m = v_1 - v_2$ eine Constante ist.

Insoferne nun möglichst grosse absolute Sehweite bei der Correction der Presbyopie durch Sammellinsen offenbar von grösster Wichtigkeit ist, erscheint die Wahl von Convexbrillen mit möglichst langer Brennweite nothwendig, soll die Leistungsfähigkeit des angewandten Hilfsmittels ihrem Maximum sich nähern. Es würde hieraus einsichtlicher Weise die Zweckdienlichkeit von Sammellinsen unendlicher Brennweite, d. h. die Zweckwidrigkeit von Convexgläsern überhaupt folgen, wenn grösste Länge der absoluten Sehweite das einzig Bestimmende in dieser Beziehung wäre. Allein Hauptzweck ist, Objecte, welche innerhalb des Nahepunktabstandes eines presbyopischen Auges gelegen sind, in dessen absoluter Sehweite scheinbar abzubilden. Mit der Verlängerung der Linsenbrennweite vermindert sich aber die Differenz der beiden conjugirten Vereinigungsweiten der Convexlinse, wie dieses die Formel zeigt

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{b} - \frac{1}{v}.$$

Es muss daher die Linsenbrennweite dem entsprechend eine um so kleinere sein, je kleiner die Objectsdistanz und je grösser der Fernpunktabstand ist. Aufgabe ist es also, jene Sammellinse zu suchen, welche der absoluten Sehweite eines gegebenen fernsichtigen Auges die grösste Differenz der innerhalb des Nahepunktabstandes gelegenen Objectsdistanzen conjugirt. Eine einfache Betrachtung führt darauf, dass diesem Zwecke eine Sammellinse entspreche, deren Brennweite der, um den Abstand der Brille vom Auge verminderten Distanz des Nahepunktes gleicht, sie involvirt eine absolute Sehweite von der Länge der halben Linsenbrennweite.

Aus $\frac{1}{v} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v_1}$ geht hervor, dass, um einen innerhalb des Nahepunktes $v$, diesem aber unendlich nahe gelegenen Gegenstande mittelst einer Sammellinse von grösstmöglichster Brennweite in der absoluten Sehweite des Auges abzubilden, $v_1 = \infty$, also $b = v$ sein müsse. Dieses ist die eine Grenze, denn sobald $v > p$, wird $v_1$ positiv und fällt angenommener Massen ausserhalb die absolute Sehweite. Es soll nun aber eine Objectsdistanz $v - m$ dem kürzesten $v_1$, also einem $v_1$ von der Grösse des Nahepunktabstandes, conjugirt sein, also

$$\frac{1}{v - m} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v_1}; \quad v - m = \frac{v_1 b}{v_1 + b}$$

$$v - (v - m) = m = b - \frac{v_1 b}{v_1 + b} = \frac{b^2}{v_1 + b}.$$

Die absolute Sehweite des mit einer Sammellinse bewaffneten Auges wächst daher wie schon erwähnt, mit $b$. Das $b$ darf aber den Nahepunktabstand, der nun $v_1$ heisst, nicht übersteigen, höchstens kann $b = v_1$ werden und dann ist

$$m = \frac{p^2}{2p} = \frac{p}{2}.$$

In Bezug auf den Effect von Brillengläsern kommen aber auch noch andere Verhältnisse in Betracht und auch diese müssen berücksichtiget werden, soll die Wahl einer bestimmten Sammellinse gerechtfertiget erscheinen.

Die Einrichtung des Auges für die kürzeste Adaptionslinie, deren innere Grenze eben der Nahepunkt ist, setzt als Bedingung den grösstmöglichsten Kraftaufwand von Seite des Accommodationsmuskels voraus. Da nun die Differenz der beiden conjugirten Vereinigungsweiten einer Sammellinse um so kleiner wird, je grösser die Brennweite des Convexglases ist, liegt es klar am Tage, dass bei gegebener Objectsdistanz die erforderliche Adaptionsanstrengung des brillenbewaffneten Auges eine um so grössere sein müsse, je schwächer die Brille, je geringer in ihr die Ablenkung der Lichtstrahlen ist. Sammellinsen von unverhältnissmässig langer Brennweite unterstützen sofort das presbyopische Auge beim Nahesehen nur sehr wenig und daher kömmt es, dass bei ihrem Gebrauche, so wie bei der Intention des freien Auges, gerne Reizzustände im Bereiche des Ciliarsystems auftreten, wie ich sie als Folge der Anwendung zu scharfer Concavgläser bei myopischen Augen geschildert habe, und dass diese Reizerscheinungen sich um so früher geltend

machen und um so höhere Grade erreichen, für je kürzere Distanzen das presbyopische Auge sich einzustellen bemüssigt ist und je länger diese Anstrengung dauert. Der Fernsichtige ist gezwungen, den Gegenstand so weit zu entfernen, als die Abnahme der Netzhautbildgrösse nur immer erlaubt und darin liegt eben ein Kriterium für die unzweckmässig grosse Länge der Brennweite einer Sammellinse.

Aber auch Brillen von unverhältnissmässig kurzer Brennweite haben solche Reizungen im Bereiche des Ciliarsystems im Gefolge, ja diese treten noch früher und in namhafterem Grade in die Beobachtung, als bei dem Gebrauche zu schwacher Convexgläser und doch ist bei solchen Linsen die Differenz der conjugirten Vereinigungsweiten eine sehr bedeutende, das scheinbare Bild selbst sehr nahe gelegener Objecte kömmt weit entfernt vom Nahepunkte des presbyopischen Auges zu Stande und überhebt sofort den Accommodationsmuskel der Nothwendigkeit bedeutenderen Kraftaufwandes. Allein hier wirkt, wenn ich mich nicht täusche, ein anderes Moment und das ist die übermässige Verkürzung der, der absoluten Sehweite des freien Auges conjugirten Differenz der Objectsdistanzen. Diese schliesst eine ausserordentliche Kürze der Accommodationslinien des brillenbewaffneten Auges in sich und bedingt sofort die Nothwendigkeit eines beständigen Wechsels in dem Accommodationszustande, da es kaum möglich ist, die Objectsdistanz völlig unabänderlich zu erhalten und schon die Abstandsdifferenzen, welche aus dem Zittern der Hand und leichten Bewegungen des Kopfes resultiren, von sehr bedeutendem Einflusse auf die Stellung des scheinbaren Bildes werden.

Es wirken hier meiner Meinung nach also dieselben Verhältnisse, welche das Lesen in einem bewegten Wagen so anstrengend und ermüdend machen. Sie wirken in einem um so höheren Grade, je thätiger noch der Accommodationsmuskel ist, je mehr sich dieser bestrebt, den beständigen Wechsel in den optischen Wahrnehmungen zu corrigiren, je geringer also der Grad der Fernsichtigkeit ist. Diese ist ihrer Wesenheit nach ja eben in Schwächung des Accommodationsvermögens begründet und erscheint als eine um so bedeutendere, je grösser diese Schwächung ist. Daher vertragen im hohen Grade presbyopische Augen scharfe Gläser auch leichter, als fernsichtige geringerer Grade. In jenen ist das Muskelspiel ein sehr geringes, die Anstrengung, welche den fortwährenden Wechsel in der Accommodation bedingt, also eine kleinere.

Endlich ist noch der Netzhautbildgrösse des brillenbewaffneten Auges zu gedenken. Sie ist ein wichtiges Moment, da eben Gleichheit der optischen Wahrnehmungen mit jenen des freien normalen Auges den Grad der Leistungsfähigkeit einer Sammellinse mitbestimmt. Betreffs dessen ergeben sich nun ganz andere Verhältnisse, als bei dem Gebrauche von Zerstreuungslinsen von Seite Myopischer.

Ist $a$ die Netzhautbildgrösse, $A$ die Objectsgrösse und $A_1$ die Grösse des von der Sammellinse erzeugten scheinbaren Bildes, so erscheint für das freie normale Auge

$$a = A \cdot \frac{n\,p_1}{n_1\,p}.$$

Für das brillenbewaffnete Auge

$$a = \frac{A\,v_1}{v} \cdot \frac{n\,p_1}{n_1\,p} = \frac{A\,v_1}{v} \cdot \frac{n\,p_1}{n_1\,(v_1 + c)} = \frac{A\,n\,p_1}{n_1\,v} \cdot \frac{v_1}{v_1 + c},$$

weil $A_1 = \frac{A\,v_1}{v}$ ist. In Anbetracht der Grösse von $v_1$ verschwindet wohl meisthin $c$, so dass nahezu $\frac{v_1}{v_1 + c} = 1$ wird.

Eine einfache Betrachtung ergibt, dass die Netzhautbildgrösse des mit einer Sammellinse bewaffneten Auges, ausser von der Objectsgrösse, fast ausschliesslich von dem Refractionszustande des Auges und von dem Abstande des Gegenstandes von der Brille abhänge und im umgekehrten Verhältnisse zu diesen Grössen wachse und abnehme. Sie lehrt, dass Sammellinsen unter allen Umständen eine Vergrösserung des Netzhautbildes bewirken, da der gemachten Voraussetzung nach nur innerhalb ihrer Brennweite gelegene Objecte in der absoluten Sehweite scheinbar abgebildet werden und der Abstand dieses scheinbaren Bildes immer die Objectsdistanz übertrifft. Sie lehrt, dass die Vergrösserung um so bedeutender sei, je grösser eben die Differenz der conjugirten Linsenvereinigungsweiten ist, je kürzer also die Brennweite der Linse wird. Sie lehrt aber auch, dass diese Vergrösserung, welche aus dem Nachlassen des Accommodationsdruckes und der sofortigen Verminderung des Refractionszustandes des Auges resultirt, weithin zurücksteht gegen jene, welche eine Folge der, mit der Verkürzung der Brennweite nöthig werdenden Annäherung des Objectes an die Linse ist. Die Verkürzung des Nahe- und Fernpunktabstandes durch Sammellinsen ist der Hauptfactor des Vergrösserungscoëfficienten,

wie sich leicht ergibt, wenn man die geringen Schwankungen des Refractionszustandes des Auges mit den halben Werthen der möglichen Linsenbrennweiten vergleicht. Daher ist auch die Nothwendigkeit, Objecte allzusehr dem brillenbewaffneten Auge zu nähern und namhafte Vergrösserung der Objecte schon längst als empirisches Zeichen einer unzweckmässig scharfen Sammellinse anerkannt.

Jene Betrachtung lehrt weiters, dass der Abstand der Brille vom Auge nur bei sehr kleinen Differenzen der conjugirten Vereinigungsweiten der Sammellinse, also bei sehr schwachen Brillen, verkleinernd auf die Grösse des Netzhautbildes einwirke, in ihrer Wirkung aber durch die vorerwähnten Verhältnisse jedenfalls mehr als aufgehoben werde. Sie lehrt, dass bei grösseren Differenzen der conjugirten Vereinigungsweiten der Einfluss des Brillenabstandes vom Auge verschwinde und nur durch Verkürzung der Entfernung des Objectes von der Linse wirksam werde. Daher sieht man denn auch presbyopische Greise es mit der Stellung ihrer Brillen nicht genau nehmen, ja man findet, dass selbe eben so gut durch Handgläser als durch Brillen im engeren Wortsinne lesen.

Auf die nosologischen Momente der Presbyopie eingehend, stösst man, wie bei der Myopie, auf eine lange Reihe von Verhältnissen, welche einem Hinausrücken des Nahepunktabstandes zu Grunde liegen können und, nach Reduction des dioptrischen Apparates auf eine einzige Trennungsfläche in der angeführten Weise, sich leicht in drei Hauptkategorien übersichtlich ordnen lassen.

Vorerst sind es Krümmungsabweichungen der Sklerotika mit davon abhängiger Verkürzung der optischen Augenaxe bei Integrität der lichtempfindenden Theile, wie sie bisweilen als angeborne Bildungsfehler des Auges vorkommen mögen und weiters Verflachungen der Hornhaut, sie mögen nun angeboren oder durch theilweise Substanzverluste und Ersatz durch Narbengefüge veranlasst sein. Doch fällt es auf den ersten Blick auf, dass eine Weitsichtigkeit im engeren Wortsinne, soll sie auf solche Weise begründet werden, nothwendig eine Verstärkung des dritten Factors voraussetzt. Ohne diesem ist nämlich eine Hinausrückung des Fernpunktes über die positive

Unendlichkeit, ein sofortiges, theilweises Negativwerden der absoluten Sehweite unvermeidlich und berücksichtigt man das, was ich über den Einfluss der genannten Verhältnisse auf die Lichtbrechung im Auge gesagt habe, so kommt man leicht zur Einsicht, dass unter solchen Verhältnissen auch die Vergrösserung des Nahepunktabstandes eine überaus grosse, ja dass in den meisten Fällen die absolute Sehweite ihrer ganzen Länge nach eine negative werden müsse. Fernsichtigkeit im engeren Wortsinne ist also nur mit verhältnissmässig sehr geringen Verkürzungen der optischen Augenaxe und sehr schwachen Verflachungen der Hornhaut vereinbar und setzt dann überdies noch eine namhafte Verstärkung des Refractionszustandes der dioptrischen Medien voraus.

Nach dem, was ich bisher beobachtet habe, ist es mir sehr wahrscheinlich, dass eine nicht ganz geringe Anzahl jugendlicher Presbyopen ursprünglich eine negative Sehweite besitzen und erst nach der Hand weitsichtig im engeren Wortsinne werden, indem die Linse unter dem fortwährend erforderlichen, namhaften Accommodationsdrucke ihre Krümmungen verstärkt, so dass also die Hyperpresbyopie durch jene Verhältnisse, welche normalsichtige Augen myopisch machen, zur Fernsichtigkeit umgestaltet wird. Das Cramer'sche Ophthalmoskop wird hoffentlich nicht lange säumen, Licht über diese noch sehr dunklen Probleme zu verbreiten und durch den Nachweis einer Stellung der Spiegelbilder, wie sie dem Myops zukommt, bei Fernsichtigen die Frage erledigen.

Vorkommnisse dieser Art sind indessen jedenfalls selten. Die Fernsichtigkeit geht in den bei Weitem meisten Fällen der Regel nach aus der Normalsichtigkeit hervor und dieses zwar unter Umständen, welche auch nicht den geringsten Anhaltspunkt bieten, um Verkürzungen der optischen Axe oder aber Verlängerungen des Krümmungsradius wahrscheinlich zu machen, daher schon von vornherein die Vermuthung viel für sich hat, die nächste Ursache liege in Werthabnahme des Refractionszustandes des Auges.

Gegen Verlängerung der Kammeraxe als Grund der Presbyopie spricht der Augenschein. Es bleibt daher nichts übrig, als das ätiologische Moment in dem Accommodationsapparate des Auges zu suchen und dieses zwar um so mehr, als die Presbyopie sich eben bei genauerer Untersuchung als das Unvermögen

beurkundet, den dioptrischen Apparat für nahe Objecte einzustellen der Fernpunktabstand jenem der Norm aber entspricht, ein sehr grosser, unendlicher, aber positiver ist; denn wenn auch Fernsichtige Objecte, welche um ein Kleines jenseits der Brennweite einer Convexbrille gelegen sind, zu unterscheiden vermögen, so ist dieses eine einfache Folge des Verhältnisses, in welchem die conjugirten Vereinigungsweiten der Linse und des dioptrischen Apparates zu einander stehen, und welches eine ausserordentliche Kleinheit der die Netzhautstäbe treffenden Zerstreuungskreise involvirt.

In der That hat Cramer in fernsichtigen Augen die Stellung der Spiegelbilder der beiden Krystalloberflächen als wenig variabel oder ganz unveränderlich und jener entsprechend gefunden, wie sie in normalsichtigen Augen während deren Einrichtung für grosse Distanzen beobachtet wird. Er hat damit den Gestaltwechsel des Krystallkörpers bei der Presbyopie als sehr beschränkt oder ganz aufgehoben nachgewiesen und sohin in Anbetracht der dioptrischen Wirkungen, welche aus dem Gestaltwechsel der Linse resultiren, den Schleier gelüftet, welcher bisher über den nächsten Grund der Fernsichtigkeit im engeren Wortsinne ausgebreitet war.

Es liegt auf der Hand, dass eine solche Beschränkung des Gestaltwechsels des Krystallkörpers nur das Resultat zweier Momente sein könne: entweder einer Vermehrung des Widerstandes, welche die Linse dem Accommodationsdrucke entgegensetzt, oder einer Schwächung der wirkenden Kraft, also einer Verminderung des Druckes, mit welchem der Accommodationsmuskel auf den Krystallkörper einwirkt.

Für eine Widerstandsvermehrung des Krystallkörpers finden sich nun genügende Gründe in der, mit dem Lebensalter fortschreitenden, Entwickelung und damit gesetzten allmählichen, anatomisch nachweisbaren, namhaften Verdichtung des Linsenkernes. Diese schliesst jene als nothwendige Folge in sich, da Krümmungsveränderungen der oberflächlichen, stäts weich und biegsam bleibenden Linsenschichten ohne jene der Kernlagen undenkbar sind, sollen nicht leere Räume zwischen den einzelnen Schichten entstehen. Geht einer solchen Vermehrung der Resistenz eine Erstarkung des Accommodationsmuskels und sofort eine Vergrösserung

des Adaptionsdruckes nicht parallel, so kann der Fernpunktabstand des Auges sich wohl nicht ändern, die Distanz des Nahepunktes muss aber nothwendig eine grössere werden und dieses selbst, wenn eine Convexitätsvermehrung der oberflächlichen Linsenschichten unabhängig von jenen der Kernlagen möglich wäre, weil eben die äusseren Strata des Krystalles auf die Ablenkung des Lichtes nur einen sehr geringen Einfluss habe. Für eine solche Erstarkung des Accommodationsmuskels während der physiologisch gesetzlichen Verdichtung der Linse lassen sich aber weder im Leben noch im Cadaver nur einigermassen plausible Gründe auffinden, Alles spricht vielmehr für das Gegentheil. Der Schluss auf einen Causalnexus zwischen der Presbyopie im engeren Wortsinne und zwischen der dem höheren Lebensalter zukommenden Verdichtung des Krystalles ist sofort ein gerechtfertigter, ja nothwendiger.

Die Entwickelung der Fernsichtigkeit in früher normalsichtigen Augen während der zweiten Lebenshälfte ist dem ganz entsprechend eine nahezu constante Erscheinung, so zwar, dass man von πρέσβυς, Greis, den Namen des fraglichen Gesichtsfehlers abzuleiten für gut befunden hat.

Die Übereinstimmung geht aber noch weiter und erstreckt sich selbst auf die feineren Züge in dem Bilde der Presbyopie. Bekanntermassen sucht der Fernsichtige das Licht, um kleinere und darum nur in der nächsten Nähe wahrnehmbare Objecte in klaren und deutlichen Bildern zur Anschauung zu bringen; um bei künstlicher Beleuchtung mit freien Augen zu lesen, ist er gezwungen, die lichtspendende Flamme zwischen Object und das Auge zu stellen. Man ist allgemein sehr geneigt, als Grund dessen eine Abnahme der Energie in der Netzhaut und deren sofortigen Bedarf an stärkeren Reizeinwirkungen zu supponiren. Es wird dabei übersehen, dass der Presbyops selbst wenig erleuchtete Objecte in grossen Distanzen eben so leicht wie das normalsichtige Auge unterscheidet und dass der scheinbare Glanz der Objecte, die Erleuchtung einer Masseinheit ihres Netzhautbildes, wesentlich Function der Pupillenweite sei, diese aber mit der Erleuchtungsintensität des Gesichtsfeldes im umgekehrten Verhältnisse stehe; man vergisst weiter, dass mit der Position einer Lampe zwischen Object und Auge ein wichtiger Behelf des deutlichen Sehens wegfalle, die Vermehrung der Contrastwirkung in der Erleuchtung der Netzhautbilder. Es sind dieses Momente, welche der Annahme

einer Verminderung der Netzhautenergie geradezu entgegentreten. Fasst man aber die Resistenzvermehrung des Krystalles ins Auge, so gewinnt der factische Bedarf fernsichtiger Augen an stärkerer Erleuchtung des Gesichtsfeldes eine ganz andere Bedeutung und erscheint als ein wesentliches Attribut der Weitsichtigkeit im Greisenauge. Vergrösserung der Erleuchtungsintensität des Gesichtsfeldes ist nämlich das Mittel, um den *Sphincter pupillae* zu möglichst kräftigen und anhaltenden Contractionen zu bestimmen. Diese sind aber Bedingung für die Ausübung eines Accommodationsdruckes, wie er bei Resistenzzunahme des Krystalles zur Einrichtung des Auges für nahe Distanzen erfordert wird.

Doch reicht die Resistenzvermehrung des Krystalles nicht hin, um in allen Fällen die Presbyopie pathogenetisch zu erklären, ja eine derartige Begründung der Fernsichtigkeit wird bisweilen geradezu unwahrscheinlich und dennoch lehrt die Stellung der Linsenspiegelbilder im Auge, dass das Unvermögen, die Convexitäten des Krystallkörpers genügend zu verstärken, das wesentlichste ursächliche Moment abgebe. Es bleibt daher nichts übrig, als eine Schwächung des Accommodationsdruckes zu subsumiren, wofür sich zwar nicht jederzeit positive Belege auffinden lassen, wohl aber Inductionsschlüsse, hergenommen aus der hochgradigen Übereinstimmung, welche zwischen den äusseren Erscheinungen, dem Vorkommen, der Entwickelung der Fernsichtigkeit und zwischen einer Schwäche des Accommodationsmuskels als supponirtem Causalmomente besteht.

Ohne Übung erlahmt jeder Muskel und es liegt kein Grund vor, in dem Accommodationsmuskel eine Ausnahme von der Regel zu vermuthen. Ist dieses richtig, so muss die Fernsichtigkeit bei Landleuten, Jägern u. s. w., überhaupt bei Individuen und ganzen Völkerschaften, deren Beschäftigung eine dauernde Betrachtung sehr kleiner Objecte nicht mit sich bringt, häufiger vorkommen und frühzeitiger auftreten, als unter entgegengesetzten Verhältnissen. In dem anhaltenden Gebrauche zu scharfer Convexbrillen aber muss in Anbetracht der optischen Wirkung von Sammellinsen ein Moment liegen, welches einen gegebenen Grad von Presbyopie zu erhöhen im Stande ist. Dass in der That dem so sei, lehrt die tägliche Erfahrung.

Was hier Vermuthung ist, eine Schwäche des Accommodationsmuskels, wird in anderen, sehr häufigen Fällen im hohen Grade

wahrscheinlich und findet in dem Involutionsprocesse des greisen Körpers, namentlich in jenem des Muskelsystems älterer Individuen, sein genetisches Moment. Eine Vergleichung des Ciliarmuskels bei jugendlichen und alternden Individuen führt nämlich der Regel nach auf ansehnliche Differenzen in der Massenhaftigkeit zum Vortheile der ersteren und darf ich mich auf einige, freilich nicht sehr zahlreiche, mikroskopische Untersuchungen stützen, so muss ich Fettbildung mit nachfolgender Resorption der Muskelmasse als den nächsten Grund bezeichnen, also einen Process, welcher auch in den übrigen Muskeln des Greises, neuerer Zeit speciell in den Hilfsmuskeln des Auges, nachgewiesen worden ist.

Es sind also eigentlich zwei Momente, welche in der Genese der Fernsichtigkeit bei Greisen concurriren und, selbst physiologisch, die Presbyopie der späteren Altersperioden zu einem normalen Zustand stempeln. Und wahrlich, es bedarf beider Momente, soll die Zurückführung der Fernsichtigkeit auf Resistenzvermehrung des Krystalles in weiten Grenzen zulässig erscheinen.

Einerseits nämlich würde derselben eine nicht kleine Zahl von Fällen entgegentreten, in welchen die Fernsichtigkeit den äusseren Erscheinungen nach sehr rasch zur Entwickelung gekommen ist und namhafte Grade erreicht hat, wie dieses an Individuen jenseits der ersten Lebenshälfte thatsächlich gar nicht selten beobachtet wird, nach schweren Krankheiten, nach länger dauernden stark deprimirenden Gemüthsaffectionen und unter ähnlichen Verhältnissen. Die Langsamkeit, mit welcher Verdichtung des Krystalles einhergeht, schliesst letztere als alleinige Ursache der Presbyopie aus und es wird die Resistenzvermehrung der Linse hier nur insoferne von grosser Wichtigkeit, als sie blos ganz geringe Grade von Muskelschwächung in ihren Folgen viel auffälliger hervortreten macht. Vermehrung des Widerstandes, wenn er nicht ein sehr namhafter ist, schliesst nämlich die Möglichkeit der Überwindung von Seite eines normalen Accommodationsmuskels nicht aus. Wenn dieser aber geschwächt wird, wie es unter den genannten Umständen per analogiam wahrscheinlich wird, muss die Einrichtung des Auges für die Nähe eine weit schwierigere, als bei jugendlichen Augen, wenn nicht unmögliche werden und das ist eben Presbyopie im engeren Wortsinne.

Anderseits aber spricht sich das allmählige Nachlassen des Accommodationsmuskels in der Involutionsperiode und während der Entwickelung der Presbyopie zu deutlich symptomatisch aus, als dass man auch nur einen Augenblick an der Betheiligung des genannten Organes bei der Erzeugung der Fernsichtigkeit im Greisenauge zweifeln dürfte. Es geht nämlich in den meisten Fällen die Normalsichtigkeit unter den Erscheinungen der Asthenopie in die Presbyopie über, ja die Kopiopie tritt nirgends so eclatant in die Wahrnehmung, als in dem Auge älterer Individuen. Sie gehört ganz vornehmlich der späteren Lebensperiode an, und wenn sie bisweilen in der Jugend als Vorläufer der Presbyopie beobachtet wird, so sind die begleitenden Umstände der Regel nach von der Art, dass ein der Involution analoger Zustand des Muskels in hohem Grade wahrscheinlich wird, denn es findet sich dann der fragliche Gesichtsfehler entweder in Individuen, welche durch Krankheiten oder andere Verhältnisse körperlich stark herabgekommen sind, oder neben geringeren Graden von Irisatrophie oder endlich neben Paresen der betreffenden Nerven und neben Strabismus mit davon abhängiger Inanition des Auges.

Auch hier, wie bei der Kurzsichtigkeit, äussert sich die Asthenopie durch das Unvermögen, Objecte von einer gewissen kurzen Distanz längere Zeit zu fixiren, beim Schreiben, Lesen u. s. w. auszudauern, namentlich bei künstlicher Beleuchtung, die ihrer geringeren Intensität halber eine verhältnissmässig stärkere Annäherung der Objecte voraussetzt, sofort grössere Anstrengungen des Accommodationsmuskels nothwendig macht und daher auch schon bei einfacher Fernsichtigkeit sich oft durch den Bedarf an schärferen Sammellinsen zur Geltung bringt. Der Asthenopische findet nach einiger Zeit, dass die Objecte minder klar und deutlich zur Anschauung kommen. Umsonst wischt und drückt er die Augen, nur allmähliche Vergrösserung der Objectsdistanz führt zu einiger Verbesserung des Gesichtes. Immer weiter und weiter rückt er den Gegenstand vom Auge, bis endlich die Grösse des Netzhautbildes nicht mehr zureicht, um Detailwahrnehmungen zu vermitteln, oder aber bis die Abnahme der Erleuchtungsintensität des Objectes störend in den Weg tritt. Vergebens strengt er das Auge an, um für die erforderliche Nähe den dioptrischen Apparat einzurichten, die Objecte verschwimmen vor den Augen und bald macht sich das Gefühl der Reizung, des Druckes, der Völle im Auge

bemerkbar, um sich bei fortgesetzter Intention zu wahren Schmerzen zu steigern und selbst durch erhöhte Wärme und Injection der Ciliargefässe objectiv zu offenbaren. Einige Ruhe, Fernsehen ohne Fixation bestimmter Gegenstände retablirt wieder den Zustand, welcher vor Beginn der anstrengenden Beschäftigung gegeben war, der Kranke kann diese wieder ungehindert aufnehmen. Doch schon nach kürzerer Zeit treten die vorgenannten Erscheinungen auf und die Dauer der erforderlichen Ruhe wächst. Immer kürzer werden die Fristen für das Nahesehen und länger die zur Erholung nöthigen Pausen, bis endlich bei fortgesetzter Intention des Accommodationsmuskels die Reizung des ciliaren Gefäss- und Nervensystemes jeden weiteren Versuch, zu dem Geschäfte zurückzukehren, unmöglich macht. Es bedarf des Schlafes, ja selbst einiger Tage Ruhe, um das Auge wieder völlig zu retabliren.

Es ist klar, dass Forcirungen, wie sie bisweilen durch die Lebensverhältnisse der betreffenden Individuen nothwendig gemacht werden, zu Hyperaemien und in Folge deren selbst zu krankhaften Processen im Auge führen können, welche Functionsuntüchtigkeit der lichtempfindenden Theile nothwendig im Gefolge haben. Die Erfahrung lässt hierüber keinen Zweifel und in Anbetracht dessen haben sich auch viele hochgeachtete Oculisten bewogen gefunden, die Asthenopie als ein Übergangsstadium zur Amblyopie zu bezeichnen, ja selbe geradezu als eine Amblyopie zu erklären und als Amblyopia ex presbyopia, als Hebetudo visus, als Amblyopia muscularis u. s. w. zu beschreiben. Sie stützten sich nebstbei noch auf den Umstand, dass der Asthenopische während des Anfalles durch enge Kartenlöcher nahe Gegenstände nicht deutlicher wahrzunehmen im Stande sei; bedachten dabei aber den Reizzustand des Auges nicht und übersahen, dass der Kranke ferne Gegenstände deutlich sehe, sie aber schwer fixire und dass das Sehen durch ein Kartenloch eben ein Fixiren voraussetze.

Überdies ist der Übergang der Asthenopia presbyopica in Amblyopie keineswegs Regel, im Gegentheile Ausnahme. Der besorgte Kranke findet, nach Mitteln suchend, in Sammellinsen bald den gewünschten Behelf und überhebt so seinen Accommodationsmuskel der übermässigen Anstrengung, womit denn auch die Gelegenheit zum Hervortreten der Asthenopie beseitigt ist. Der gewöhnliche Ausgang der Asthenopie ist dann auch die Fernsichtigkeit im engeren Wort-

sinne. Eigentlich lässt sich die Asthenopie unter den genannten Umständen nur als eine Äusserung der Presbyopie betrachten.

Einsichtlicher Weise ist die Fernsichtigkeit mit Ausnahme weniger Fälle, in welchen das ursächliche Moment derselben beseitiget werden kann, einer Gradverminderung oder gar einer Heilung unfähig. Im Gegentheile, es liegen in der physiologischen Verdichtung der Linse und fortschreitenden Involution des Accommodationsmuskels genügende Gründe, um an eine stätige Zunahme derselben zu glauben, wofür denn auch der Umstand spricht, dass Presbyopische von Zeit zu Zeit gezwungen sind, die Brennweite ihrer Brille zu verkürzen. Zunahme der Fernsichtigkeit ist aber mit Abnahme des Accommodationsvermögens gleichbedeutend. Es scheint daher, als ob die ursächlichen Verhältnisse der Presbyopie einen endlichen Übergang derselben in völligen Mangel des Accommodationsvermögens nothwendig mit sich brächten.

Es ist jedoch nicht dem so. Einen gewissen Grad von Accommodationsvermögen behält das Auge der Regel nach bis in das höchste Alter, es wäre denn, dass die allmähliche Verdichtung der Linse Grade erreicht, welche bereits das Gegebensein eines Kernstaares begründen, oder aber dass Verhältnisse zufällig eintreten, welche auch im jugendlichen Alter eine Presbyopie mit völligem Mangel des Accommodationsvermögens herbeizuführen im Stande sind.

Als solche Verhältnisse müssen bezeichnet werden: Lähmungen des Muskels als Folge von Leitungshemmungen in den betreffenden Nerven, diese seien in was immer für Ursachen begründet; weiters Lähmungen des Muskels durch Inanition in Folge dauernder Vernachlässigung desselben, wie dieses besonders oft bei Strabismus vorkömmt; weiters Lähmungen des Muskels, wie selbe gar häufig durch krankhafte Vegetationsprocesse, namentlich durch Entzündung und Productbildung im Innern des Muskels und durch sofortige Atrophie seiner Fasern, gesetzt werden; Lageveränderungen der Iris durch Synechien und dadurch bedingte Unmöglichkeit, einen Druck auf die Ciliarfortsätze auszuüben; Verletzungen des Sphincters mit davon abhängiger Unfähigkeit desselben, dem Zuge der Längsfasern als Widerhalt zu dienen, vornehmlich Verletzungen, wie sie die Bildung einer künstlichen Pupille bei Integrität der Linse mit sich bringt; Mydriasis und Irideremie; Anheftung des Pupillartheiles der

Iris an die vordere Kapsel u. s. w., also eine lange Reihe von Zuständen, die übrigens noch nicht erschöpft ist und wahrscheinlich nicht so bald erschöpft werden wird, da mir einige Fälle von völligem Accommodationsmangel eines Auges bei jugendlichen Individuen vorgekommen sind, bei denen sich auch nicht die mindeste Andeutung des ursächlichen Momentes erörtern liess.

Es sollte unter diesen Umständen die absolute Sehweite des Auges eine nach aussen unbegrenzte, unendliche sein. Doch findet sich hier eine unendliche absolute Sehweite sehr selten, denn einerseits ist der Gesichtsfehler sehr gewöhnlich auf Ein Auge beschränkt und dieses wird vernachlässigt, worauf auch die Energie der Netzhaut bald abnimmt; andererseits ist die Abnahme des Lichtes durch Absorption und insbesondere häufig die mechanische Verengerung der Pupille mit dem darin begründeten Hervortreten des Beugungsspectrums dem Fernsehen entgegen. Endlich ist der dioptrische Fernpunkt des Auges nicht in allen Fällen ein unendlich weit abstehender und der Verlust des Accommodationsvermögens reducirt die absolute Sehweite eben nur auf die natürliche Sehlinie. Diese variirt aber bei verschiedenen Individuen mannigfaltig. Versuche mit solchen Augen angestellt, werden daher sehr differente Resultate bezüglich ihrer Tragweite geben und der Regel nach mit verschiedenen Brillen Objecte verschiedener Distanzen zur Wahrnehmung bringen.

## Die Übersichtigkeit oder Hyperpresbyopie.

Sie schliesst sich unmittelbar an den vorhergehenden Gesichtsfehler an und stellt gleichsam nur einen höheren Grad desselben vor. Zahlreiche Übergänge verbinden beide mit einander, so dass es ganz unmöglich ist, eine andere als künstliche Trennung derselben vorzunehmen. Es erscheint in der Hyperpresbyopie der Fernpunkt des Auges über die positive Unendlichkeit hinausgerückt. Insofern die der absoluten Sehweite des accommodationstüchtigen Auges conjugirte Differenz der hinteren Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates stäts nur innerhalb sehr geringer Grenzen schwankt, muss auch der Nahepunktabstand des übersichtigen Auges ein grösserer, als jener des Presbyops sein. Das übersichtige Auge bedarf daher schon bei der

Betrachtung ferner Objecte einer gewissen Adaptionsanstrengung. In höheren Graden der Hyperpresbyopie aber reicht schon das Maximum des Accommodationsdruckes nicht mehr zu, um den dioptrischen Apparat selbst für unendlich ferne Gegenstände einzustellen. Die absolute Sehweite erscheint hier sofort bald als eine discontinuirliche, zum Theile positive, zum Theile negative, der Fernpunkt liegt hinter, der Nahepunkt vor dem Auge; bald aber, und das sind die ausgesprochensten Fälle von Übersichtigkeit, ist die absolute Sehweite ihrer ganzen Länge nach eine negative, bald längere, bald kürzere, je nach dem Grade des noch bestehenden Accommodationsvermögens und je nach der grösseren oder geringeren Annäherung des negativen Fernpunktabstandes.

Die optische Wesenheit der Übersichtigkeit liegt demnach darin, dass die Brennweite des dioptrischen Apparates bei völliger Ruhe des Accommodationsmuskels eine grössere ist, als der Abstand der Netzhautstabschichte von dem optischen Centrum der lichtbrechenden Medien; dass daher selbst nahezu parallel einfallende Strahlen nur unter Voraussetzung accommodativer Vermehrung des Refractionszustandes, oder unter gar keiner Bedingung, auf der Netzhautstabschichte zur Vereinigung gebracht werden können und sich hinter diesem Stratum zu Objectbildern concentriren; dass aber der dioptrische Apparat wohl für convergent auffallende Strahlen eingerichtet ist und sofort Gesichtsobjecte negativer Distanz zur Anschauung zu bringen vermöge.

Die Hyperpresbyopie niederen Grades charakterisirt sich demnach durch das Unvermögen des freien Auges, Objecte von mehreren Fussen Distanz klar und deutlich wahrzunehmen und durch den Bedarf accommodativer Thätigkeit, sobald es sich um scharfe Netzhautbilder weit entfernter Gegenstände handelt. Der Hyperpresbyops höheren Grades aber sieht nahe und ferne Objecte nur in Zerstreuungskreisen und keine Anstrengung des Accommodationsmuskels vermag den Durchmesser der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise auf Null zu reduciren.

Die Grösse der Zerstreuungskreise bestimmt aber das Mass der mangelnden Schärfe und zum Theile auch der Deutlichkeit in den optischen Wahrnehmungen, wie ich dieses bereits erwähnt habe. Der Übersichtige muss daher, wenn er optischer

Hilfsmittel entblösst ist, in jeder möglichen Weise die Grösse der Zerstreuungskreise zu verkleinern suchen, um die Fehlerhaftigkeit seiner optischen Wahrnehmungen auf ein Kleinstes zu bringen und in der Wahl dieser seiner Behelfe liegen bereits Momente, welche die Diagnose des fraglichen Gesichtsfehlers zu leiten vermögen.

Die Zerstreuungskreise wachsen mit der Differenz zwischen der hinteren Vereinigungsweite der Strahlen und dem Abstande der Netzhautstabschichte vom optischen Centrum des dioptrischen Apparates. Doch ist dieses Wachsthum bei Integrität des Krystallkörpers in sehr enge Grenzen eingeschränkt, weil dann jene Differenz selbst nur innerhalb weniger Linien variabel ist und noch durch die Accommodation des Auges wesentlich verkleinert werden kann. Der Einfluss dieser Differenz auf die Grösse der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise wird daher weithin überboten von jenem, welchen die Öffnung des dioptrischen Apparates ausübt. Der Übersichtige blinzelt desshalb beim Besehen näherer Objecte noch mehr, als der Myops und Verengerung der Pupille ist sein Hauptbestreben um so mehr, als eben kräftige Contraction des Iriskreismuskels Bedingung für ein Maximum des Accommodationsdruckes ist. Der Hyperpresbyops bedarf daher einer sehr starken Erleuchtung des Gesichtsfeldes, was ihn wesentlich von dem Kurzsichtigen unterscheidet. Die Erleuchtung des Gesichtsfeldes genügt jedoch nicht, auch das Object muss möglichst stark erleuchtet sein, um einerseits die Contrastwirkung zu erhöhen, anderseits aber, um den Ausfall in dem scheinbaren Glanz der Netzhautbilder, welcher aus der Verkleinerung der Öffnung des dioptrischen Apparates resultirt, zu decken. Der Übersichtige nähert daher die Objecte dem Auge sehr bedeutend, stellt sie in möglichst günstige Richtung zur Lichtquelle und wo es thunlich ist, auch senkrecht auf die optische Axe des Auges. In Anbetracht dessen findet man denn auch die Hyperpresbyopie in den Lehrbüchern, in welchen Praxis und Ungenauigkeit gleichbedeutend sind, mit der Myopie zusammengeworfen und als die höchsten Grade der Kurzsichtigkeit beschrieben, bei welchen Zerstreuungslinsen nichts mehr wirken.

Die natürliche Sehlinie des übersichtigen Auges ist eine negative und nimmt in Anbetracht des Verhältnisses, in welchem die conjugirten Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates

als eines Systems von Sammellinsen, zu einander stehen, um so rascher an Länge ab, je näher ihr dem Auge zugewandtes Ende, der Fernpunkt, der Netzhautstabschichte rückt. Sie ist der eine Factor, das Maximum des durch die Accommodationsthätigkeit variablen Refractionszustandes des Auges aber der andere Factor, welcher die Grösse der Differenz bestimmt, innerhalb welcher die hinteren Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates schwanken dürfen, soll ihre Zurückführung auf die Länge des Netzhautabstandes noch möglich sein. Dieser Differenz ist aber die absolute Sehweite des Auges conjugirt. Es wird letztere also eine um so grössere sein bei gleichem Fernpunktabstande, je grösser das Accommodationsvermögen ist, und bei gleicher Adaptionsfähigkeit des Auges, je weiter der Fernpunkt vom Auge absteht; Verhältnisse, welche sehr leicht einzusehen sind, wenn man sich das Auge als eine in ihren Krümmungsradien veränderliche Concavlinse vorstellt und sich die Objecte hinter der Netzhaut gelegen denkt.

Aus den Combinationen verschiedener Werthe für die Grösse des natürlichen Refractionszustandes und des Accommodationsvermögens ergeben sich begreiflicher Weise sehr differente Lagen und Längen der absoluten Sehweite und es sind diese Unterschiede gross genug, um die Aufstellung einer negativen Myopie und Presbyopie in reiner Form sowohl, als in Vergesellschaftung mit Schwäche und völligem Mangel der Einrichtungsfähigkeit zu rechtfertigen. Damit ist aber auch schon die Bestimmung des Nahe- und Fernpunktes als Bedürfniss ausgesprochen.

Einer solchen Bestimmung genügen jedoch offenbar Augenspiegel nicht, da sie höchstens das Überwiegen der Brennweite des dioptrischen Apparates über die Länge des Netzhautabstandes herausstellen. Unter den Optometern kann höchstens der Stampfer'sche zu Resultaten führen, da bei den übrigen die Objectsdistanz eine positive und kleine ist. Aus demselben Grunde erscheint aber auch die von mir vorgeschlagene Scala unbrauchbar. Sie könnte höchstens zur Bestimmung des Nahepunktabstandes dienen, wird aber auch da nur sehr schwankende Resultate geben, da dieser Abstand im hyperpresbyopischen Auge, wenn er überhaupt ein positiver ist, jederzeit einen namhaften Werth besitzt, einen Werth, welcher schon sehr grosser Differenzen fähig ist, ohne in der Länge der hinteren conjugirten Vereinigungsweiten fühlbar zu werden und

damit auch so kleine Unterschiede in der Grösse der die Netzhautstabschichte treffenden Zerstreuungskreise bedingt, dass dieselben gleichsam verschwinden, insbesondere, da die Dickendurchmesser der Stäbe und Zapfen in Betracht kommen; daher es denn auch geschehen kann, dass eine z. B. 15 Fuss entfernte Schrift von entsprechender Grösse noch ziemlich deutlich und scharf gesehen wird, obwohl der Nahepunktabstand des Auges ein negativer, aber sehr grosser ist.

In Anbetracht dieser Umstände erlangen die Ergebnisse, welche Versuche mit Brillengläsern liefern, einen hohen Werth und dieses zwar trotz der ihnen anklebenden Mängel.

Das Maximum des Accommodationsdruckes reicht in übersichtigen Augen nicht zu, um nur einigermassen divergirende Strahlen auf der Netzhautstabschichte zur Vereinigung zu bringen, ja in den meisten Fällen ist schon die Einrichtung für parallel einfallende Strahlen unmöglich, das Maximum der Refraction im dioptrischen Apparate genügt nur für gewisse negative Distanzen. Insoferne aber die, grossen positiven und grossen negativen Distanzen conjugirten, hinteren Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates nahezu zusammenfallen, wird es im Interesse der Verständlichkeit und leichteren Übersicht erlaubt sein, den Betrachtungen über die Leistungsfähigkeit von Brillen bei Hyperpresbyopie eine rein negative Sehweite zu Grunde zu legen.

Da die Objectsdistanz unter allen Verhältnissen eine positive bleiben muss, ist es von selbst verständlich, dass Zerstreuungslinsen ausgeschlossen seien, sobald es sich um Correction einer Übersichtigkeit handelt, dass nur Sammellinsen diesem Zwecke entsprechen können, indem nur diese bei positiver Objectsdistanz scheinbare Bilder in der absoluten Sehweite des hyperpresbyopischen Auges zu erzeugen vermögen. Es ist aber auch klar, dass Sammellinsen nur von solchen Objecten scharfe und deutliche Wahrnehmungen vermitteln können, deren Abstand von der Linse ein grösserer oder aber, bei discontinuirlicher absoluter Sehweite, ein nur um sehr wenig kleinerer ist, als die Linsenbrennweite.

Schon hierin liegt eine sehr bedeutende Beschränkung bezüglich der Wahl einer passenden Linse. Da nun aber die Aufgabe einer

Brille ist, eine möglichst lange absolute Sehweite des brillenbewaffneten Auges zu erzielen, liegt es klar am Tage, dass nur eine Sammellinse als passend bezeichnet werden könne und dass dieses jene sei, welche der gegebenen, negativen absoluten Sehweite die grössten Distanzunterschiede conjugirt. Es ist aber auch klar, dass die hinteren Vereinigungsweiten dieser gefundenen Brille die Länge und Lage der absoluten Sehweite bezeichnen.

Wäre die negative absolute Sehweite des übersichtigen Auges der Lage und Länge nach gleich der positiven absoluten Sehweite des normalen Auges, d. h. stünde der Fernpunkt des übersichtigen Auges in der Distanz des normalen Nahepunktes hinter dem optischen Centrum des Lichtbrechungsapparates und wäre der Nahepunkt des Hyperpresbyops ein negativ unendlicher, so wäre die gesuchte Verwandlung der negativen Sehweite in die normale positive durch eine Sammellinse zu bewerkstelligen, deren Brennweite gleich ist dem normalen Nahepunktabstande. Nur die Unmöglichkeit, die Brille unmittelbar an die Hornhaut heranzurücken, würde dann als ein, die absolute Sehweite verkürzendes Moment functioniren. Jede schwächere Brille würde den positiven Nahepunktabstand des brillenbewaffneten Auges vergrössern, jede schärfere den Fernpunkt hereinrücken und sofort um so grössere Ausfälle in der Länge der absoluten Sehweite erzeugen, je grösser der Unterschied in der Brennweite ist.

So kleine Abstände des negativen Fernpunktes kommen jedoch im übersichtigen Auge nicht immer vor, und wenn sie gegeben sind, setzen sie ein, dem normalen völlig gleich kommendes, also sehr bedeutendes Accommodationsvermögen voraus, soll der negative Nahepunktabstand ein unendlich grosser werden. Dieser Bedingung ist in der Natur aber nur sehr selten entsprochen, es paart sich meisthin Kürze des negativen Fernpunktabstandes mit Kürze der negativen Nahepunktdistanz (negative Kurzsichtigkeit) und wo der Nahepunktabstand ein sehr grosser unendlicher ist, dort erscheint auch der Fernpunkt gewöhnlich weit hinausgeschoben (negative Fernsichtigkeit); während auch an Fällen kein Mangel ist, in welchen die relativ kurze, negative absolute Sehweite gleichsam die Mitte hält zwischen den erwähnten beiden Extremen und sofort einen Zustand charakterisirt, der wegen Abgang eines

besseren Namens einstweilen negative Mittelsichtigkeit heissen möge.

Die Bestimmung der absoluten Sehweite und sofort auch die Unterscheidung dieser drei künstlich getrennten und ohne deutliche Grenze in einander übergehenden Grade der Übersichtigkeit unterliegt keinen Schwierigkeiten. Die um den Abstand der Brille vom Auge verminderte Brennweite der schärfsten Sammellinse, mit welcher der Hyperpresbyopische noch sehr ferne Gegenstände von hinlänglichem wirklichen Glanze, am besten Himmelskörper, in klaren und deutlichen Bildern wahrzunehmen fähig ist, gibt die Lage des Fernpunktes. Die kürzeste Distanz aber, in welcher das betreffende Auge mit derselben Sammellinse Objecte von entsprechender Grösse und Erleuchtung in scharfen und deutlichen Bildern zur Anschauung zu bringen vermag, ist dem, um den Brillenabstand vermehrten Abstande des Nahepunktes conjugirt.

Ich sage „Objecte von entsprechender Grösse“ und beziehe mich damit auf das, was ich bei Gelegenheit der Myopie in Betreff der Bestimmung des Nahe- und Fernpunktes gesagt habe, erinnernd, dass übermässige Kleinheit des Netzhautbildes Detailwahrnehmungen unmöglich macht, auch wenn das Netzhautbild ein völlig scharfes und hinlänglich lichtstarkes wäre; dass aber grosse Netzhautbilder selbst bei ziemlich verschwommenen Umrissen noch die Unterscheidung des Details gestatten und sofort ein Erkennen des Objectes möglich machen. Eine Art Massstab, welchem die optischen Wahrnehmungen des normalen freien Auges zu Grunde liegen, erscheint sofort bei der Beurtheilung des übersichtigen Auges nach seiner Tragweite von Wichtigkeit. Einen solchen Massstab liefert eben die oben beschriebene Scala. Das Verhältniss, in welchem die conjugirten Vereinigungsweiten der Brille zu einander und zu der Accomodationslinie des Auges stehen, macht sie verwendbar sowohl zur Bestimmung des Nahe- als des Fernpunktes, wenigstens so weit es sich nicht um mathematisch genaue, sondern nur praktisch brauchbare Resultate handelt.

Die unvermeidliche Vergrösserung der Netzhautbildgrösse durch die Sammellinse macht jedoch bei Bestimmung der Grenzgrösse eine Correctur nothwendig, welche zur Zeit aber nur annähernd und schätzungsweise möglich ist, indem der Vergrösserungscoëfficient von mehreren, in den einzelnen Fällen zum Theile noch unbestimmbaren, Werthen abhängig ist und mit diesen sehr stark variirt.

Für das freie, normale Auge ist wieder $a = A \cdot \frac{n p_1}{n_1 p}$ und wenn $v$ den Abstand des Objectes von der Vorderfläche einer Sammellinse und $c$ deren Abstand vom Auge bedeutet, ist in Übereinstimmung mit den früher angewandten Formeln

$$a = A \cdot \frac{n p_1}{n_1 (v + c)}.$$

Für das brillenbewaffnete Auge aber erscheint

$$a = A_1 \cdot \frac{n p_1}{n_1 p} = A_1 \cdot \frac{n p_1}{n_1 (v_1 - c)}$$

und weil

$$A_1 = \frac{A v_1}{v} = A \cdot \frac{b}{v - b}$$

ist, ergibt sich

$$a = A \cdot \frac{v_1}{v} \cdot \frac{n p_1}{n_1 (v_1 - c)} = A \cdot \frac{v_1}{v_1 - c} \cdot \frac{n p_1}{n_1 v}.$$

Am kleinsten ist diese Abweichung der Netzhautbildgrösse bei der negativen Fernsichtigkeit, wenn es sich um grössere Objectsdistanzen handelt. Selbst bedeutendere Abstände der Brille vom Auge werden dann in ihrem Einflusse wenig merklich und der Refractionszustand des Auges kömmt jenem der Norm sehr nahe.

Grösser ist der Einfluss des Brillenabstandes bei negativer Fernsichtigkeit, wenn nahe Objecte zur Wahrnehmung gebracht werden sollen und bei negativer Kurzsichtigkeit, wo er mit der Annäherung des Objectes steigt und nur durch möglichste Verringerung der Entfernung der Brille vom Auge einigermassen geschwächt werden kann.

Im Allgemeinen kann man also wohl sagen, dass die Abweichung der Netzhautbildgrösse von der Norm steige, wenn die Brennweite der vor das Auge aufgepflanzten Sammellinse abnimmt. Es verdient dieselbe die grösste Beachtung, indem die Brennweite der in jedem Falle erforderlichen Brille nicht allein abhängig ist von dem Refractionszustande des Auges und sofort als eine jeweilig unveränderliche erscheint; sondern in Anbetracht des gewöhnlich verminderten Accommodationsvermögens auch von der Distanz des Objectes beeinflusset wird und zwar so bedeutend, dass Übersichtige der Regel nach mit keiner Brille für alle Distanzen ausreichen, sondern deren zwei oder selbst mehrere benöthigen, soll das Auge sowohl für die Ferne als Nähe accommodationsfähig werden.

Es wird dieses Jedermann einleuchten, wenn er in Erwägung zieht, was ich von der Lage und Länge der absoluten Sehweite der Übersichtigen mitgetheilt habe und wenn er damit das Verhältniss der conjugirten Vereinigungsweiten in Sammellinsen in Vergleich bringt. Es kann ihm dann nicht entgehen, was auch Versuche am Hyperpresbyops herausstellen, dass zum Nahesehen bei einer und der anderen Art der Übersichtigkeit eine schärfere Sammellinse, als die vorhin discutirte erfordert werde, und zwar eine, verhältnissmässig zu dieser letzteren um so schärfere, je nähere Objecte der Hyperpresbyops zur klaren und deutlichen Wahrnehmung bringen will.

Die nosologischen Momente der Übersichtigkeit sind ganz geeignet, diese Verhältnisse in noch helleres Licht zu stellen. Sie lassen sich wieder leicht nach jenen drei Factoren, welche die Grösse der Ablenkung einfallender Lichtstrahlen im reducirten Auge bestimmen, gruppiren und so im Interesse eines leichten Überblickes behandeln.

Die natürliche Sehlinie ist die, dem Abstand und der Dicke der Netzhautstabschichte conjugirte Differenz der vorderen Vereinigungsweiten des dioptrischen Apparates bei völliger Ruhe des Accommodationsmuskels. Vergrösserung jenes Abstandes bringt unter übrigens normalen Verhältnissen die Kurzsichtigkeit zu Stande, Verkürzung desselben aber kann bei gleichen Voraussetzungen nur zur Übersichtigkeit führen, nicht aber zur Weitsichtigkeit, da bei dieser die natürliche Sehlinie mit jener der Norm übereinkömmt.

Eine Verkürzung der optischen Augenaxe bei völliger Integrität der das Licht brechenden und empfindenden Theile kann nach meinen so zahlreichen anatomisch-pathologischen Untersuchungen kaum durch krankhafte Processe im Bulbus bedingt werden, es erscheint ein solcher Vorgang mindestens sehr unwahrscheinlich, und es dürfte jene sofort kaum anderswo, als in abnormer Entwickelung des Auges ihre Begründung finden. Leider fehlen bezügliche Messungen noch ganz, nur Vermuthungen lassen sich über die Beziehung vorkommender Fälle von Übersichtigkeit zu normwidriger Axenlänge des Auges aufstellen. Doch entbehren diese Vermuthungen nicht jeder erfahrungsmässigen Basis; in einer nicht ganz bedeutungslosen Zahl der von mir untersuchten Fälle glaube ich eine auf-

fallende Kleinheit und besonders ein Tiefliegen der Augen in ursächlichen Zusammenhang mit der vorhandenen Hyperpresbyopie stellen zu dürfen, um so mehr, als sich sonst keine Spur einer Abweichung fand, und nebstbei auch ein ganz ausgezeichnetes Accommodationsvermögen des mit der passenden Brille bewaffneten Auges nachweisen liess, was einigermassen Bürge für die Normalität des dioptrischen und accommodativen Apparates ist. Dass scheinbare Kleinheit des Auges und ein Tiefliegen desselben nicht stets mit Übersichtigkeit gepaart sind, kann begreiflicher Weise nicht als Gegengrund gelten, eben so wenig als der Umstand, dass die Hyperpresbyopie auch in scheinbar normal gebildeten, ja selbst in grossen und vorspringenden Augen getroffen werde. Denn einerseits liegen in den Schwankungen der beiden anderen in Rede stehenden Factoren Momente der Correction, anderseits aber Momente einer selbstständigen Entwickelung der Übersichtigkeit bei Normalität der Axenlänge des Auges.

Besonders mächtig bezüglich des Einflusses auf die Lichtbrechung im Auge erweisen sich Verlängerungen des Hornhautradius, Abflachungen der Hornhaut, wie selbe so überaus häufig im Gefolge von Narbeneinlagerungen in das Cornealgewebe getroffen, noch häufiger aber wegen ihrer geringen Auffälligkeit für das freie Auge übersehen und bisher noch völlig missachtet worden sind. Die vorausgeschickte Erörterung des Causalzusammenhanges zwischen Krümmungsvermehrungen und den höchstgradigen, nahezu correctionsunfähigen Myopien überhebt mich der Nothwendigkeit, in eine specielle Betrachtung der optischen Folgen einer Hornhautverflachung einzugehen. Diese ergeben sich aus jener. Sie sind um so bedeutender, als der Krümmungsabweichung der Cornea eine Verkürzung der optischen Axe parallel geht, weiters aber die, der Narbenbildung vorausgehenden und sie bedingenden Substanzverluste der Hornhaut sehr oft mit Entleerung des Krystallkörpers gepaart sind oder späterhin die Entfernung der getrübten Linse aus der Sehaxe nothwendig machen; überdies endlich meisthin Einlöthung von Iristheilen in die Cornealnarbe gesetzt und sofort die Möglichkeit einer Correction des Gesichtsfehlers durch accommodative Thätigkeit aufgehoben wird.

Die Entfernung des Krystallkörpers aus der Sehaxe präsentirt gleichsam den dritten unter den die Hyperpresbyopie

begründenden Factoren. Alle übrigen auf den Refractionscoëfficienten des reducirten Auges influenzirenden Verhältnisse verschwinden beinahe gegenüber dem Mangel der Linse. Nur bedeutendere Abflachungen dieses Organes, wie selbe bisweilen in Folge partieller staariger Zerfällniss mit sofortiger Aufsaugung des Magma's und Zurücklassung durchsichtiger Krystallschichten gesetzt werden, treten mit ihnen in gleiche Rangordnung, während sie überdies, gleich den Cornealverkrümmungen ein nosologisches Moment des sogenannten Visus incorrectus abgeben können.

Die Häufigkeit des grauen Staares und seiner Operationen, sowie künstlicher Pupillenbildungen mit Zerstörung des Krystalles machen das in Rede stehende Moment zur ergiebigsten Quelle der Hyperpresbyopie. Nicht Weitsichtigkeit, wie man glaubt, sondern Übersichtigkeit und zwar hochgradige Übersichtigkeit ist das Ergebniss künstlicher oder durch krankhafte Processe bedingter Entfernungen des Krystalles aus der Sehaxe des Auges. Es ist den betreffenden Kranken ein scharfes und deutliches Sehen in keine positive Entfernung ermöglichet, ihre absolute Sehweite ist der ganzen Länge nach eine negative. Eine Betrachtung der Lichtbrechungsverhältnisse in solchen Augen stellt dieses klar heraus. Sie ergibt aber auch die Unwahrscheinlichkeit einer genügenden Correctur durch Änderung der anderen, die Refraction im Auge beeinflussenden Factoren.

Es ist nämlich die Brennweite der Cornea 13‴35 und die hintere Vereinigungsweite derselben für einen Objectsabstand von 100‴ beträgt 14‴93. Dass eine Axenverlängerung des Auges durch Ausdehnung der Sklera unter solchen Umständen selbst, wenn sie ohne gleichzeitige Abflachung der Cornea möglich wäre, ungenügend ist, bedarf wohl keines Beweises. Dass aber krankhafte Veränderungen der Hornhautkrümmung den Verlust der Linse aufwiegen, ja weit überbieten können bezüglich des Einflusses auf die Strahlenbrechung, versteht sich von selbst. Schon eine Verkürzung des Hornhautradius um 0‴881 würde hinreichen, um im linsenlosen Auge unendlich ferne Objecte in scharfen und deutlichen Bildern auf der Netzhaut abzuspiegeln, wenn auch eine solche Ausdehnung eine Axenverlängerung des Auges nicht voraussetzen würde. Der Brechungsindex $M$ des reducirten Auges für $D = \infty$, $F = 13\cdot35$ und $R = 3\cdot455$ erscheint nämlich

$$M = \frac{F}{F - R} = 1\cdot35.$$

Aus der Formel $(1-m)\,r - md = f$ ergibt sich aber, wenn $F = 9'''934$, $M = 1\cdot35$ und $D = \infty$ gesetzt wird, wo $F = \frac{1}{f}$ die Axenlänge des Auges ist, und $M = \frac{1}{m}$, $D = \frac{1}{d}$, $R = \frac{1}{r}$ gesetzt wird

$$R = \frac{(M-1)\,F}{M} = 2'''575.$$

Eine solche Verkürzung des Hornhautradius bringt aber ein Hervortreten des Cornealcentrums und sofort eine Axenverlängerung des Auges um nahezu $0'''5$ mit sich, wie sich leicht durch Substitution des Werthes $2\cdot575$ in die Formeln der Note (S. 228) berechnen lässt. Es bedarf also einer viel geringeren Verkürzung des Hornhautradius, um den Verlust des Krystalles optisch zu neutralisiren, die negative natürliche Sehlinie sofort in eine positive zu verwandeln und der Möglichkeit eines solchen Vorkommnisses steht nichts mehr im Wege. Allein ein Accommodationsvermögen zu begründen, ist eine solche Ausdehnung der Cornea unfähig und es fällt sofort dieses Moment gerade dort als Erklärungsgrund weg, wo es die scheinbar sehr bedeutende Länge der absoluten Sehweite am nothwendigsten macht. Überdies findet eine solche Ausdehnung ihre Bedingungen nur in krankhaften Verhältnissen, in Verminderung der Resistenz des Cornealgefüges mit sofortiger relativer Verstärkung des auf die Hornhauthinterwand wirkenden hydrostatischen Druckes. Ihr Mass liegt daher nicht in der Willkür des übersichtig Gewordenen und es ist daher unwahrscheinlich, dass sie sich, auch nur in wenigen Fällen, gerade auf den, durch die Lichtbrechungsverhältnisse des Auges begründeten Bedarf beschränken werde, dass sie also hier überhaupt von sonderlichem Belang sei. Auch die Vorwölbung der Hinterkapsel mit dem Glaskörper, wie ich sie als nach Staarextractionen vorkommend nachgewiesen habe, reicht nicht aus, um eine besonders merkliche Verkleinerung der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise zu ermöglichen. Nimmt man nämlich den Abstand $q$ des Centrums von der Hinterfläche der Hornhaut $q = 1$ und den Krümmungsradius $R$ der vorgewölbten Vorderfläche des Glaskörpers $R = 2'''$, was wohl die Grenze der Möglichkeit erreicht, so ergibt sich mit Berücksichtigung des relativen Brechungsexponenten $M = \frac{1\cdot339}{1\cdot337}$ und $m = \frac{1\cdot337}{1\cdot339}$ wegen $D = \frac{1}{d} = 13'''35$

$$(1-m)\,r + md = f = 0\cdot0765 \text{ und } F = 13'''07.$$

Es ist zwar wahr, dass Fälle zur Beobachtung kommen, in welchen trotz dem Abhandensein der Krystallinse noch ziemlich deutliche Wahrnehmungen ferner oder naher Objecte, ja selbst ein Sehen in sehr verschiedenen Distanzen und sogar das Lesen von kleinerer Druckschrift ermöglicht ist. Allein das sind ausserordentlich seltene Fälle, und sie wurden viel zu wenig genau bisher untersucht, als dass man sie als Beweise für das Zustandekommen s c h a r f e r B i l d e r

auf der Netzhaut verwenden könnte. Es bleibt der Zukunft vorbehalten, durch Gewinnung von Zahlenwerthen eine Basis für wahre naturwissenschaftliche Erörterungen zu gewinnen. Mittlerweile bleibt blos Vermuthungen ein Spielraum, und darf man Analogien trauen, so ist hier, wie bei den übrigen ätiologischen Formen der Übersichtigkeit, das Spiel der Pupille und deren Einfluss auf die Grösse der Zerstreuungskreise der gesuchte Behelf. In der That erscheint völlige Freiheit der Pupillenbewegungen als die Bedingung, unter welcher sich nach Verlust der Linse ein relativ so vortreffliches Sehvermögen zu retabliren vermag.

Es ist einleuchtend, dass Axenverkürzungen des Auges, sowie Abflachungen der Hornhaut, wenn sie nicht mit Anomalien im Krystalle oder in dem Accommodationsmuskel combinirt sind, der Adaptionsthätigkeit des Auges keinerlei Hindernisse in den Weg legen können. Wirklich beurkundet sich auch der Bestand eines Accommodationsvermögens sehr oft unter solchen Umständen, wenn das Auge mit einer passenden Sammellinse bewaffnet ist. Er beurkundet sich durch die Länge der absoluten Sehweite, respective durch das Vermögen, scharfe und deutliche Wahrnehmungen von Objecten zu vermitteln, die vermöge ihres Distanzunterschiedes und ihrer Lage kaum in eine und dieselbe Accommodationslinie fallen können.

Immerhin ist jedoch unter diesen Verhältnissen der Bestand eines, dem normalen gleichkommenden Accommodationsvermögens ein mehr als seltener Befund, in den allermeisten Fällen spricht sich eine Schwäche der Adaptionsfähigkeit, ja selbst ein völliger Mangel des Einrichtungsvermögens klar aus, wie schon die in der Natur begründete Eintheilung der Übersichtigkeit in eine negative Kurz- und Weitsichtigkeit, sowie in eine negative Mittelsichtigkeit klar darthut.

Als die pathogenetischen Momente einer solchen Schwächung oder Aufhebung der Einrichtungsfähigkeit fungiren natürlich dieselben Verhältnisse, welche ich bei Gelegenheit der Myopie und Presbyopie namhaft gemacht habe. Aber auch der Verlust des Krystalles ist ein solches Moment. Die Linse ist ja eben der Träger des Accommodationsvorganges und es mangeln dem Auge weitere Behelfe, um seine Sehlinie der Lage und Länge nach merklich zu ändern. Versuche mit Staaroperirten, wenn ihr Auge mit